Catalogue no. 21-601-MIE — No. 054

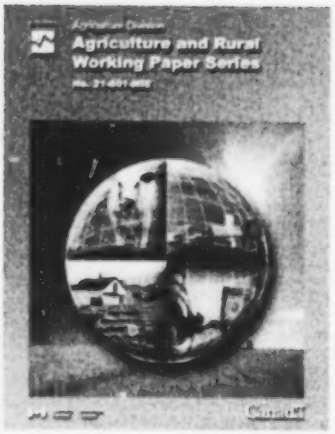
Research Paper

Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario in 2000 and 2001

by Bernard Hategekimana

Agriculture Division
Jean Talon Building, 12th floor, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800-465-1991



This paper represents the views of the author and does not necessarily reflect the opinions of Statistics Canada.

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

106-03129/

Statistics
Canada
Agriculture Division

Agriculture and Rural Working Paper Series
Working Paper No. 54

Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario in 2000 and 2001

Prepared by
Bernard Hategekimana
Crops Section, Agriculture Division, Statistics Canada

Statistics Canada, Agriculture Division
Jean Talon Building, 12th floor
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario K1A 0T6

September 2002

The responsibility of the analysis and interpretation of the results is that of the author and not of Statistics Canada.

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

Statistics
Canada
Agriculture Division

Agriculture and Rural Working Paper Series
Working Paper No. 54

Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario in 2000 and 2001

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada.

© Minister of Industry, 2002.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission from Licence Services, Marketing Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

September 2002

Catalogue No. 21-601-MIE2002054

Frequency: Occasional

Ottawa

La version française est disponible sur demande (n° 21-601-MIF2002054 au catalogue)

Note of appreciation: Canada owes the success of its statistical system to a longstanding partnership between Statistics Canada and the citizens, businesses and governments of Canada. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued co-operation and good will.

Table of Contents

Highlights ____ 2

Abstract ____ 3

Methodology ____ 5

The Adoption Phenomena Are Dynamic ____ 7

1. Farms with both grain corn and soybeans ____ 7
2. Farms with grain corn or soybeans ____ 8

General Profile ____ 11

Commodity and Province Profile ____ 14

Farm Size Comparisons ____ 15

Regional Comparisons ____ 17

Yield Comparisons ____ 18

GM and non-GM Yield Comparisons ____ 18
Impact of GM Crop Varieties on Provincial Grain Corn and Soybean Production ____ 19

Yields by Commodity and Farm Size ____ 20

Conclusion and Outlook ____ 20

Acknowledgements ____ 20

References ____ 21

APPENDIX 1. Variance Calculation Formulae ____ 22

APPENDIX 2. Reference Tables ____ 24

APPENDIX 3. Agricultural Regions of Ontario and Quebec (1996 Census of Agriculture) ____ 34

Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario in 2000 and 2001

Highlights

- Total area of both genetically modified (GM) grain corn and soybean crops rose significantly in Quebec and Ontario in 2001 compared with 2000.
- The increase in GM soybean area was higher than that of GM grain corn.
- The abandon rate of GM was higher for grain corn than for soybean.
- Most of the increased GM area was in Quebec.
- The proportion of large farms reporting GM grain corn or soybeans increased more than any other farm size category.
- Yields for GM soybeans and grain corn were better than yields for non-GM crops in both cases.

Abstract

This report focuses on the changes in the area of genetically modified (GM) grain corn and soybeans, comparing the year 2001 with 2000. In the 2001 growing season, total GM area increased significantly for both GM grain corn and soybean crops in Quebec and Ontario. The number of large farms seeding GM crops rose considerably, while the number of small- and medium-sized farms growing GM crops was quite unchanged.

The increase in GM soybean area was higher than that of GM grain corn. Farms growing both corn and soybeans made the biggest contribution to the increase. The increase appears to be a consequence of both higher average area of GM crops grown per farm by farmers who grew GM crops in 2000 and, to a lesser extent, the adoption of GM technology by new farmers.

Most of the increased GM area was in Quebec, where the area seeded to GM grain corn rose 30.3% and to soybeans, 63.0%. In Ontario, the increase was 11.3% for grain corn and 25.4% for soybeans. In both provinces, the greater GM area for soybeans was more than double the increase in GM area for grain corn.

In Quebec and in Ontario, the proportion of GM grain corn and soybean area to total grain corn and soybean area has increased significantly. In Quebec, GM area accounted for 31% of grain corn area and 27% of soybean area in 2001 compared to 27% and 17% respectively in 2000. In Ontario, the proportions were 29% for grain corn and 23% for soybean in 2001 compared to 27% and 17% respectively in 2000.

In 2001, the proportion of large farms (total operated area greater than 980 acres) reporting GM grain corn or soybeans increased more than any other farm size category. This was especially apparent in Quebec. However, the small farm category, which accounted for the largest proportion of GM area in 2000, saw its share drop significantly in 2001.

Statistics Canada's November Farm Survey data shows that yields for GM soybeans and grain corn have been better than yields for non-GM crops, and that growing GM grain corn and soybeans appears to have improved the average yield for both crops.

Introduction

This paper provides information on the production of GM grain corn and soybeans in Canada. The biotechnology industry has fostered the creation of genetically modifed varieties of grain corn and soybeans in an attempt to develop crops that are able to resist damage by specific pests, fungus or particular herbicides. The purpose of the paper is to describe the adoption of these new crops and provide a basis for further work to analyse economic implications for agriculture.

Around the world, the genetically modified seed (GMS) area increased 11.0% in 2000, from 98.5 million to 109 million acres, with almost all that area found in developed countries in the Northern Hemisphere. But what exactly do we mean by GMS in the case of grain corn and soybeans? With respect to the grain corn and soybeans grown in Canada, the gene pool of seed

from a given variety of grain corn or soybeans has been modified through genetic engineering by the incorporation of a foreign gene from another species or variety, in order to transfer certain qualities or characteristics[1] (Saxena et al, 1999).

Scientists and companies who sell GMS and related chemicals believe that using GM plants, especially those that are resistant to herbicides and insects, is the best means of controlling pests, reducing the use of chemical pesticides and associated costs, and increasing crop yields. Many growers appear to share this opinion, especially as GM plants allow them greater flexibility in agricultural practices. There are, however, fears that useful insects may be affected and eliminated together with the pests in question, and that some of the characteristics may be accidently transferred to weeds that will become more difficult to control.

Cross-pollination from GM crops to non-GM varieties is also a risk, especially where producers are trying to grow non-GM crops to meet the demands of a specific domestic or export market. This is also of particular concern to organic growers attempting to grow non-GM crops. The degree to which cross-pollination may have resulted in the contamination of non-GM crop varieties is unknown, and segregation is technically difficult and costly on the farm, as well as in storage and transit. According to a recent U.S. survey, most growers are not planning on implementing segregation, given the high cost of this operation (*Agriweek,* 2001).

Farmers report that the main reason they grow GM crops is to facilitate farm work. This is an interesting observation; preliminary work suggests that GM crops do not guarantee better yields and that farmers may not capture much in the way of economic benefits from GM crops (Benbrook, 2001)[2]. The requirements imposed by certain importing countries, stipulating that grain must be segregated in the field and during storage and handling, may very well prove difficult for Canadian growers and is a further complication to the future role of GM crops in Canadian agriculture. This study attempts to record farmers' use and acceptance of GM grain corn and soybeans in Quebec and Ontario, as they evaluate the operational efficiency of their operation against the response of the marketplace.

---

[1] In the case of Bt-corn, the cry1Ab gene from *Bacillus thuringiensis*, which is responsible for producing the precursor of a toxin that kills the European corn borer, has been introduced. When the larvae of this small butterfly eat grain corn that has acquired the gene, the precursor is transformed into a toxin, and they die. The difference between other varieties of Bt-corn and StarLink Bt-corn lies in the fact that the latter contains the Cry9C gene from *Bacillus thuringiensis* subspecies *tolworthi*, which binds to different receptors than the Cry1Ab and CryAc genes. It produces high concentrations of the toxin (10 to 400 times the quantity produced by other varieties of Bt-corn) in all parts of the plant, whereas the toxins produced by other varieties are located mainly in the leaves and pollen. The toxin produced by the StarLink variety of Bt-corn also acts on other insects, while those of other varieties do not. The variety of Bt-corn most commonly grown in Canada is Bt_176, which contains the Cry1Ab gene. The proteo-chemical properties of the Cry9C gene are similar to those responsible for food allergies (allergens) (Rautenberg, Oliver, 2000), and consist primarily of stability in the face of high temperatures (90°C) and resistence to breakdown by gastric juices (Mendelsohn, 2001). The gene in corn and soybean Roundup Ready protects these crops from Roundup (glyphosate), a nonselective herbicide generally used for weed control.

[2] The report found that on average, yield increases due to Bt corn have not increased farm income enough to cover the higher costs of Bt seed. Between 1996-2001, American farmers paid at least $659 million in price premiums to plant Bt corn, while boosting their harvest by only 276 million bushels - worth some $567 million in economic gain. The bottom line for farmers is a net loss of $92 million—about $1.31 per acre.

Methodology

The main goal of this study is to conduct a detailed data analysis in order to establish a profile of growers who sow all or part of their soybean or grain corn fields with genetically modified seed (GMS). At the same time, we planned to evaluate the actual impact of GMS use on crop yields and examine development in seeded area, as well as the process involved in the adoption of GMS as a farm input. The estimates in this paper are based on Statistics Canada farm survey data. Some differences can be found between the estimates used in this paper and the official published statistics, as the official statistics are based upon all available information—the survey estimates are one of those sources.

Our working hypothesis is that growers experiment with and adopt new technologies to meet specific needs and improve performance. To verify the hypothesis, in our previous research we examined the characteristics of farm operations likely to adopt the use of GMS, as well as other traits that these establishments might have in common. We applied logistical models to the data using the Wesvar Complex Samples 3.0 software program. Yield data have been taken from Statistics Canada's November 2000 and 2001 Farm Surveys. For each growing season, data were analyzed using the SUUDAN 7.5 "DESCRIPT" procedure.

In order to assess the differences which can exist among GM farm adopters, we created three size categories of farms. These were determined based on total operated area (TOA) from the June 2000 Farm Survey and 1996 Census of Agriculture data. The small size category's high limit was determined by calculating:

1) the mean of TOA from the June 2000 Farm Survey plus half of the standard error of Ontario and Quebec;
2)and the mean of TOA from the 1996 Census of Agriculture data for the same farms plus half the standard error.

The small size category's high limit (490 acres) has been set at the rounded mean of the results obtained in steps 1) and 2). Consultation with experts in agricultural business management has confirmed that 490 acres is the economic optimum size for many of the commodities in Ontario and Quebec. The high limit of the medium-sized farm category has been set at the double of the high limit of the small farm category. The third category is composed of all farms whose size is greater than the high limit of the medium ones.

In the present work, we evaluate the changes in seeded area and yields of GM crops between 2000 and 2001. The analysis of the 2001 data was complicated compared with that of the 2000 data, as some sample design changes were made in the 2001 farm surveys. The sample design differences introduced some unexpected challenges for the data analysis, particularly the inter year comparisons, as the 2000 and 2001 samples were not independent. To test the difference between the June 2001 and June 2000 estimates, we have had to use different formulas[3] for measuring the variance of the difference between totals and between ratios (Appendix 1).

[3] Formulae adapted by Milorad Kovacevic and Owen Phillips from Methods presented in Roberts et al, 2001, in order to suit a rotating panel design.

Longitudinal weights have been used to compare the status of GM growers during the 2000 and 2001 growing seasons. This allows the pooling of the regression results on the difference between 2000 and 2001 GM area and the difference between 2001 and 2000 non-GM area for farms having both GM grain corn and /or GM soybeans in both growing seasons.

Imputed data has been used in area calculations to adjust for non-response. Average values have been used to impute survey values for missing data to approximate the crop area of farmers who had GM crops but did not report GM area. The impact of this imputation was between 4.0% and 5.5% in 2001 and between 6.0% and 9.6% in the year 2000.

Comparisons of yields were measured in terms of the difference in yields between the two growing seasons and between GM and non-GM crops. The SUUDAN 7.5 "Ratio" proced e and Jackknife[4] variance estimation methods were used to compute yields, means and yield differences for each growing season. To compare GM and non-GM yields, the yield was computed based on the production and the harvested area of GM and non-GM crops. In order to ascertain the impact of GM on global farm yield, farms were divided in three groups. The first group was made up of farms with only GM grain corn or GM soybeans (GM group). The second group consisted of farms with only non-GM grain corn or non-GM soybeans (non-GM group). The third and final group represented farms with both GM and non-GM grain corn areas or GM and non-GM soybean areas. In order to ensure accuracy and confidentiality, analysis at the regional level was restricted to the principal growing regions for both corn and soybean in the two provinces.

[4] The Jackknife is a resampling technique for obtaining design consistent estimates of variance. For more information on the Jackknife, see: Babubhai V.Shah et al, (1997).

The Adoption Phenomena Are Dynamic

1. Farms with both grain corn and soybeans

1.1 Farming in 2001 and 2000

Individual farmer decisions on whether to grow GM grain corn and soybeans and how much to plant differed substantially from 2000 to 2001. In 2001, some farmers increased their GM area while others decreased their GM area or decided not to seed any farmland to GM crops. Of the farmers contacted in both years that had grown both grain corn and soybeans, 34.0% in Ontario and 38.8% in Quebec reported an increase in their area of GM grain corn. Of the same group of farmers, 22.8% in Ontario and 29.2% in Quebec reported larger areas of GM soybeans (Table 1, Figure 1).

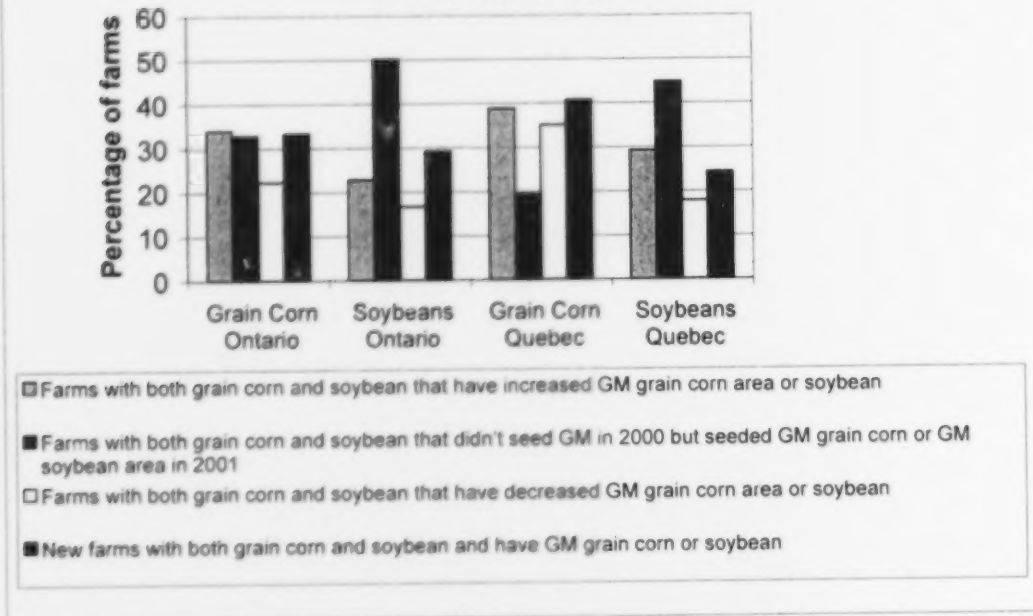
Of the farmers who did not seed GM crops in 2000 but did seed them in 2001, the largest proportion seeded GM soybeans (50.1% in Ontario and 44.8% in Quebec) and a much smaller proportion seeded GM grain corn (32.8% in Ontario and 19.4% in Quebec). Many farmers decreased their area of GM grain corn; a much larger decline than that for GM soybean area (Figure 1).

Some farmers who seeded GM crops in 2000 did not seed GM crops in 2001. In Ontario, the 29.8% of farmers who did not seed genetically modified crops in 2001 were previously GM grain corn growers; and 24.1% were previously GM soybean growers. In Quebec, the percentage of GM farmers in 2000 who did not seed GM crops in 2001 was very similar for both grain corn (24.4%) and soybeans (24.3%).

1.2 Farmers contacted only in 2001

Among the new farmers in the sample who grew both grain corn and soybean, a relatively large percentage seeded with GM grain corn—33.2% in Ontario and 40.6% in Quebec. For soybeans, these percentages were 29.2% in Ontario and 24.2% in Quebec (Figure 1).

Figure 1
Decisions to Grow GM Crops in 2001 by Farmers Planting both Grain Corn and Soybean


Percentage of farms
60
50
40
30
20
10
0
Grain Corn Ontario
Soybeans Ontario
Grain Corn Quebec
Soybeans Quebec
Farms with both grain corn and soybean that have increased GM grain corn area or soybean
Farms with both grain corn and soybean that didn't seed GM in 2000 but seeded GM grain corn or GM soybean area in 2001
Farms with both grain corn and soybean that have decreased GM grain corn area or soybean
New farms with both grain corn and soybean and have GM grain corn or soybean

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, June Farm Surveys, 2000 and 2001.

2. Farms with grain corn or soybeans

2.1 Farming in 2001 and in 2000

In Ontario, 24.5% of GM growers increased their GM soybean area and 18.4% enlarged their GM grain corn area. In Quebec, the comparison is reversed; 26.9% of GM growers increased their GM grain corn area, but only 13.5% seeded a larger area to GM soybeans (Table 1, Figure 2).

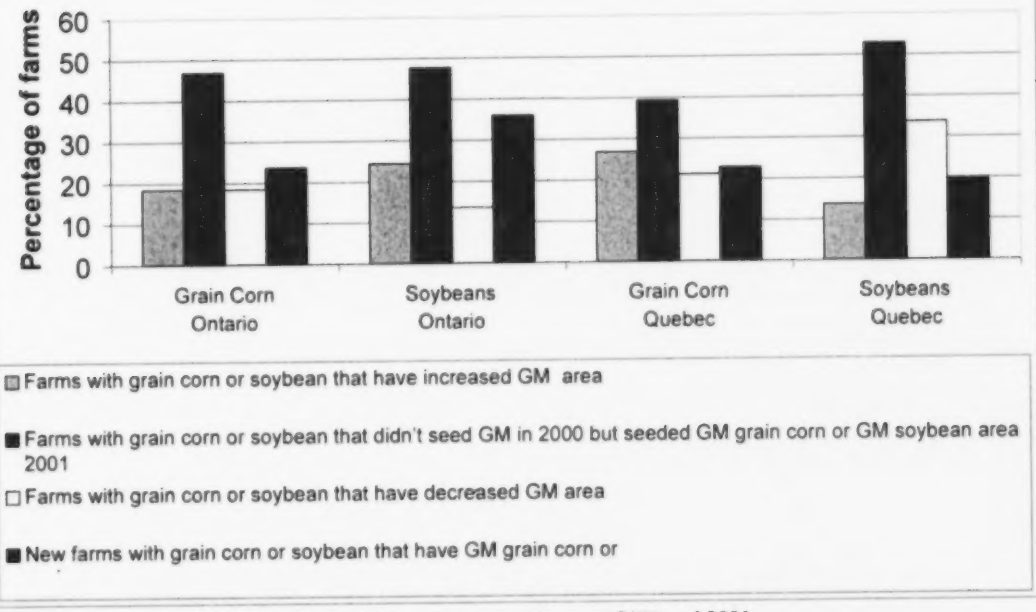
Among Quebec farmers who did not grow GM crops in 2000 but planted GM in 2001, 52.7% chose soybeans and 39.4% grain corn. In Ontario, the percentage of farmers who seeded their first GM crop in 2001 was nearly equally divided: 46.9% grain corn and 47.8% soybeans.

Of Quebec farmers who devoted less farmland to GM crops, 33.8% decreased their GM soybean area but 21.1% decreased their GM grain corn area. Of Ontario farmers who planted less area with GM crops, 18.6% reduced their GM grain corn area compared with 13.5% who decreased their soybean area. In Quebec, 30.1% of farmers who reported growing GM grain corn in 2000 grew none of it in 2001. Of those who grew GM soybeans in 2000, 10.2% grew none in 2001 (Table 1, Figure 2).

2.2 Farmers contacted only in 2001

Among Ontario farmers who reported for the first time in 2001, 36.0% grew GM soybeans and 23.8% grew GM grain corn. In Quebec, 22.7% of the newly contacted farmers grew GM corn and 19.8% GM soybeans (Table 1).

Figure 2
Decisions to Grow GM Crops in 2001 by Farmers Planting Grain Corn or Soybeans


Percentage of farms
60
50
40
30
20
10
0
Grain Corn Ontario
Soybeans Ontario
Grain Corn Quebec
Soybeans Quebec
Farms with grain corn or soybean that have increased GM area
Farms with grain corn or soybean that didn't seed GM in 2000 but seeded GM grain corn or GM soybean area 2001
Farms with grain corn or soybean that have decreased GM area
New farms with grain corn or soybean that have GM grain corn or

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, June Farm Surveys, 2000 and 2001.

Of all Ontario GM growers who were contacted in 2000 and again in 2001, those who seeded both grain corn and soybeans accounted for 74.1% of the GM grain corn area and for 69.5% of the GM soybean area in Ontario. In Quebec, those percentages were 55.4% for grain corn and 83.7% for soybeans.

In 2001, as shown in the figures below and in Table 1:

- GM soybeans were favoured by farmers who seeded both grain corn and soybeans but did not seed GM crops in 2000. This was particularly apparent in Quebec.
- More farmers with both grain corn and soybeans decided to increase their GM grain corn area. Among those who decided to reduce their GM area, the majority chose to decrease GM grain corn rather than GM soybeans.
  More farmers with GM grain corn in 2000 abandoned it in 2001 than did those with GM soybeans.

- Farmers in Quebec and Ontario showed different GM adoption patterns. In Ontario, only a slightly larger proportion of farmers seeded GM grain corn than GM soybeans. In Quebec, however, farmers expressed more interest in GM soybeans than in grain corn. This may be explained by the different experiences with those two crops. Soybeans are a relatively new crop in Quebec compared with Ontario. More new farmers who seeded both GM grain corn and GM soybeans preferred to plant GM grain corn than GM soybeans. However, among farmers who decided to grow GM grain corn or GM soybeans, GM soybeans was the preferred crop, especially in Quebec.
- In Ontario, among farmers with only grain corn or soybeans, a relatively large number of those who seeded GM soybeans in 2000 increased their GM area in 2001. In Quebec, it was the case for farmers who had seeded GM grain corn in 2000.
- In Quebec, among farmers who grew only non-GM grain corn or soybeans in 2000 but tried GM crops in 2001, more chose GM soybeans than GM grain corn.

The results suggest that GM technology is still being adopted. However, according to the industry, corn borer damage was substantial in Ontario in 1999. Some industry analysts speculate that this may have encouraged more farmers to experiment with GM grain corn in 2000. Because corn borer damage was noticeably less severe in 2000, farmers may have been persuaded to continue to expand their GM area.

Table 1. Percentage of GM Growers by Commodity and by Farm Category for Different Decisions

	Ontario		Quebec	
	Grain corn	Soybean	Grain corn	Soybean
1. Have sown both grain corn and soybeans				
Farms with both grain corn and soybeans that have increased GM grain corn area or soybeans	34.0	22.8	38.8	29.2
Farms with both grain corn and soybeans that didn't seed GM in 2000 but seeded GM grain corn or GM soybeans area in 2001	32.8	50.1	19.4	44.8
Farms with both grain corn and soybeans that have decreased GM grain corn area or soybeans	22.3	16.7	35.0	17.8
Farms with both grain corn and soybeans that have planted GM in 2000 and not in 2001	29.8	24.1	24.4	24.3
Farms with both grain corn and soybeans only that have seeded the same GM area	4.4	4.6	3.0	1.5
Farms with both grain corn and soybeans that didn't report GM area	6.4	5.9	3.8	6.7
Total 11	**100**	**100**	**100**	**100**
New farms with both grain corn and soybeans that have GM grain corn or soybeans	33.2	29.2	40.6	24.2
New farms with both grain corn and soybeans that have no GM grain corn or soybeans	64.4	67.1	55.1	71.6
New farms with both grain corn and soybeans that didn't report GM area	2.4	3.6	4.3	4.2
Total 12	**100**	**100**	**100**	**100**
2. Have sown grain corn or soybeans				
Farms with grain corn or soybeans that have increased GM area	18.4	24.5	26.9	13.5
Farms with grain corn or soybeans that didn't seed GM in 2000 but seeded GM grain corn or GM soybeans area in 2001	46.9	47.8	39.4	52.7
Farms with grain corn or soybeans that have decreased GM area	18.6	13.5	21.1	33.8
Farms with grain corn or soybeans that have GM area in 2000 and no GM area in 2001	25.1	22.6	30.1	10.2
Farms with grain corn or soybeans that have the same GM area	1.7	0.0	2.3	0.0
Farms with grain corn or soybeans that didn't report GM area	14.5	14.2	10.3	0.0
Total 21	**100**	**100**	**100**	**100**
New farms with grain corn or soybeans that have GM grain corn or soybeans	23.8	36.0	22.7	19.8
New farms with grain corn or soybeans that have no GM grain corn or soybeans	67.2	61.8	73.0	69.9
New farms with both grain corn and soybeans that didn't report GM area	9.0	2.2	4.3	10.4
Total 22	**100**	**100**	**100**	**100**

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

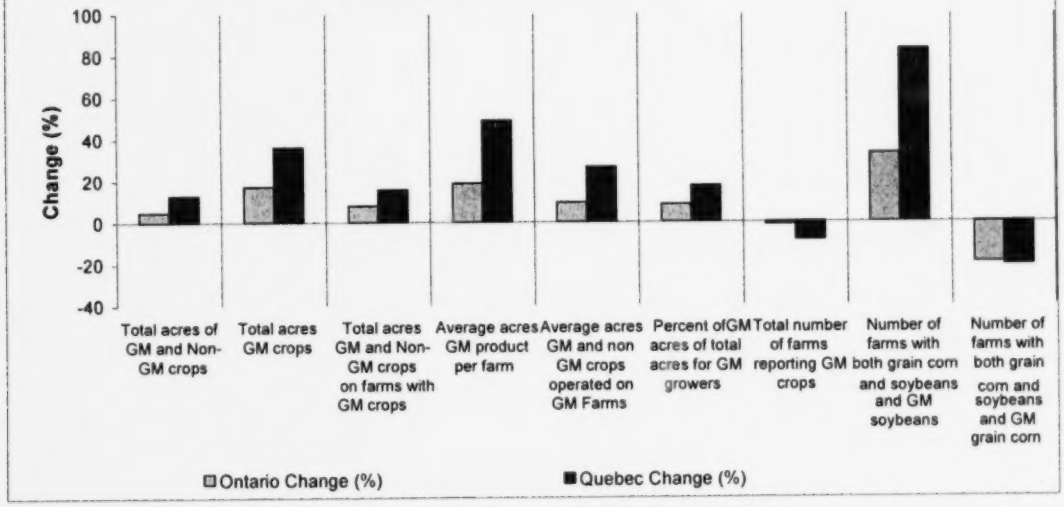
General Profile

In Quebec and Ontario, the total area of GM grain corn and soybeans continues to increase, increasing the proportion of grain corn and soybeans seeded to GM varieties. Surprisingly, the number of farmers growing GM grain corn and soybeans are declining as the crop area continues to increase. This implies that there is a significant per-farm increase in GM seeded area among those that are choosing to remain as GM growers. Farmers that normally grow both grain corn and soybeans are making the most significant contributions to the increases in GM grain corn and soybeans (Table 2, Figure 3).

The number of farms growing grain corn and soybeans and reporting GM area for both crops increased, but not significantly. The number of farms growing grain corn and soybeans but reporting only GM area for grain corn fell sharply in Quebec and Ontario. However,

in both provinces the number of farms growing only GM soybeans grew significantly (Table 2, Figure 3).

Figure 3
Changes in GM Seeded Area and GM Number of Growers in 2001 Compared to 2000 in ontario and Quebec


100
80
60
40
20
0
-20
-40
Change (%)
Total acres of GM and Non-GM crops
Total acres GM crops
Total acres GM and Non-GM crops on farms with GM crops
Average acres GM product per farm
Average acres GM and non GM crops operated on GM Farms
Percent of GM acres of total acres for GM growers
Total number of farms reporting GM crops
Number of farms with both grain corn and soybeans and GM soybeans
Number of farms with both grain corn and soybeans and GM grain corn
Ontario Change (%)
Quebec Change (%)

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, June Farm Surveys, 2000 and 2001.

The number of farmers growing only grain corn and reporting that they grew GM grain corn decreased in both Ontario and Quebec.

Table 2. Changes in Total GM Farms in Ontario and Quebec

	Ontario					Quebec				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Total area	1,877,970	1,972,108	5.0	2.79	***	973,371	1,099,917	13.0	2.11	**
Total acres of GM products	918,207	1,079,057	17.5	4.78	***	317,639	432,821	36.3	1.6	*
Total number of farms reporting GM products	10,632	10,507	-1.2	0.36	ns	3,463	3,166	-8.6	1.58	*
Number of farms with both grain corn and soybeans and GM grain corn and soybeans	2,362	2,553	8.1	1.08	ns	615	685	11.4	0.78	ns
Number of farms with both grain corn and soybeans and GM grain corn	2,941	2,371	-19.4	3.26	***	1,202	952	-20.8	2.5	***
Number of farms with both grain corn and soybeans and GM soybeans	1,400	1,864	33.1	2.91	***	116	212	82.8	1.83	***
Number of farms with grain corn and GM grain corn	1,951	1,698	-13.0	1.33	*	1,321	1,170	-11.4	1.04	ns
Number of farms with soybeans and GM soybeans	1,978	2,021	2.2	0.21	ns	209	147	-29.7	1.01	ns
Average acres of GM products per farm	86	103	18.9	5.43	***	92	137	49.0	2.04	**
Total acres of GM and non-GM crops on farms with GM crops	2,326,922	2,517,456	8.2	2.88	***	791,370	916,797	15.8	1.44	*
Average acres of GM and non-GM crops operated by GM Farms	219	240	9.5	3.11	***	229	290	26.7	2.43	***
Percent GM acres of total acres for GM growers	39	43	8.6	3.18	***	40	47	17.6	1.54	*

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5%; *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

This supports the earlier observation that, in 2001, GM soybeans appear to have attracted the attention of farmers to a greater extent than has been the case with GM grain corn. That may have simply been a reflection of farmer price expectations in the spring of 2001 with respect to corn prospects and expected returns.

However, in the United States, GM soybeans also appear to have attracted farmers' attention to a greater extent than has GM grain corn, particularly in 1998 (Economic Research Service, 2001). That year, the planted area of the Herbicide-Tolerant Soybeans was around 44.2% of the total, compared with 37.5% for Bt Corn and Herbicide-Tolerant Corn together. Herbicide-Tolerant Soybeans were nearly 70% of the planted acreage in 2001 (Williams, L. et al., 2001a). The Starlink Corn variety incident[5] (Williams, L. et al., 2001b) can explain slow expansion of GM grain corn in 2001 compared to GM soybeans. With the incident, U.S. corn exports were disrupted, leading grain corn prices down and probably putting a brake on GM grain corn expansion for Canadian farmers.

Farmers growing only soybeans, and who reported having GM soybeans, increased their area by only 2.2% in Ontario but decreased it by 29.7% in Quebec (Table 2). It may be that farmers with

[5] Starlink is a GM Corn variety approved for animal feed but not for industrial uses and human consumption. Starlink corn contains the Cry9C protein which is toxic to European corn borers and certain other insect pests. In 2000, a testing lab indicated the presence of the Cry9C protein in a sample of Taco Bell taco shells. This incident led to the recall of hundreds of food products and corn shipments.

only grain corn or soybeans are still hesitating to adopt GM technology, probably because of anticipated risks about GM crop market or return.

Commodity and Province Profile

In Ontario, the area of GM grain corn and soybeans grew strongly from 2000 to 2001 GM soybean area increased 25.4%, and GM grain corn area, 11.3% (Table 3). The number of farms reporting GM grain corn has fell a sharp 8.7%, but the number of farms growing GM soybeans jumped 12.2%.

On Ontario farms that seeded GM crops, both the GM and non-GM areas of grain corn and soybeans expanded from 2000 to 2001. The average area of GM grain corn and GM soybeans per farm reporting seeding GM crops also increased. However, the land seeded to grain corn and soybeans by farmers who reported seeding GM crops rose for grain corn but fell slightly for soybeans. This means that the GM area increase in grain corn is mainly the result of existing GM growers expanding their GM area, and not new GM producers. However, for soybeans, the GM area increase in 2001 appears to be influenced mainly by farmers who decided to grow GM soybeans for the first time, and secondarily by existing producers who increased their GM crop area.

Table 3. Changes in GM Farms by Commodity, Ontario

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Total acres of GM products	510,986	568,574	11.3	2.61	***	407,221	510,483	25.4	4.6	***
Total number of farms reporting GM products	7,255	6,622	-8.7	2.61	***	5,740	6,439	12.2	2.4	***
Average acres of GM products per farm	70.4	85.9	21.9	5.26	***	71	79	11.7	2.8	***
Total acres of GM products and non-GM crops operated on GM farms	954,428	1,022,611	7.1	1.98	**	810,505	893,740	10.3	2.28	**
Average acres of GM and non-GM crops operated on GM farms	132	154	17.4	4.53	***	141	139	-1.7	0.42	ns
Percent of GM acres of total acres for GM growers	54	56	3.9	1.39	*	50	57	13.7	3.6	***
Total acres of non-GM product farms	925,624	949,498	2.6	0.72	ns	1,510,534	1,282,525	-15.1	5.35	***
Number of non-GM farms	11,528	10,782	-6.5	1.99	**	13,025	11,642	-10.6	3.93	***
Average acres per non-GM farms	80	88	10.0	3.01	**	116	110	-5.0	2.0	**
Percent of GM acres of total GM and non-GM acres	27	29	6.0	1.55	*	18	23	34.0	6.0	***

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

In Quebec, GM area jumped 30.3% for grain corn and 63.0% for soybeans from 2000 to 2001. As was the case in Ontario, the number of farms in Quebec reporting GM grain corn fell 10.6%, but the number of farms reporting GM soybeans rose 11.0%; this increase, however, was not statistically significant (Table 4). Among farms that reported GM crops, the average total area of grain corn and soybeans increased, as well as the percentage of GM area for both crops.

Table 4. Changes in GM Farms by Commodity and Province, Quebec

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Total acres of GM products	259,705	338,373	30.3	1.55	*	57,934	94,448	63.0	1.46	*
Total number of farms reporting GM products	3,138	2,806	-10.6	1.85	**	940	1,043	11.0	0.89	ns
Average acres of GM products per farm	83	121	45.7	2.29	**	62	91	46.9	1.34	*
Total acres of GM products and non-GM crops operated on GM farms	570,344	641,451	12.5	1.18	ns	96,774	123,493	27.6	1.07	ns
Average acres of GM and non-GM crops operated on GM farms	182	229	25.8	2.45	***	103	118	15.0	0.71	ns
Percent of GM acres of total acres for GM growers	46	53	15.8	1.75	**	60	76	27.8	2.57	***
Total Acres of non-GM products farms	403,028	458,466	13.8	2.15	**	251,125	230,410	-8.2	1.24	ns
Number of non-GM farms	4,174	4,358	4.4	0.88	ns	3,172	2,989	-5.8	1.16	ns
Average acres per non-GM farms	97	105	9.0	1.62	*	79	77	-2.6	0.42	ns
Percent of GM acres of total GM and non-GM acres	27	31	15.3	1.22	ns	17	27	60.3	1.84	**

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Farm Size Comparisons

The number of large farms reporting GM increased significantly from 2000 to 2001, and the total area of GM grown on large farms has risen for both grain corn and soybeans, in Quebec and Ontario. The average area of GM grain corn and soybeans per farm grew sharply for all farm size categories; large farms reported the greatest increase. The share of total GM area found on small and medium farms decreased, but was more than offset by significant gains in area grown by large farms. This farm category made a large contribution to the increase in total GM area (Tables 6 and 5, Appendix 2).

In Ontario, the number of small farms reporting GM grain corn dropped a significant 11.5%. The proportion of small farms growing GM crops compared with all small farms has also fell 2.6%. To further complicate matters, survey estimates also show that, from 2000 to 2001, farms classified as small have declined in proportion to total farm numbers.

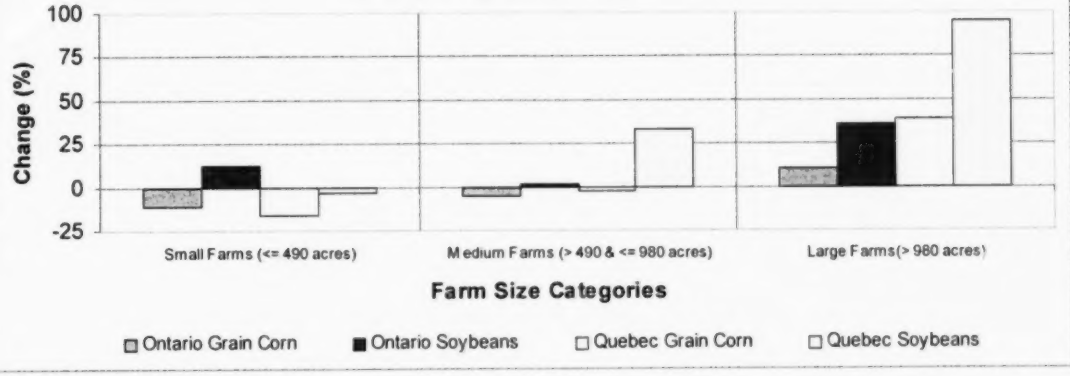
The situation with respect to GM soybeans is different. The number of farms reporting GM area and the proportion of farms reporting GM crops in relation to all farms reporting soybeans increased irrespective of farm size. The gains are statistically significant for farms classified as small and large, indicating that GM crops are gaining popularity among farmers, regardless of farm size.

U.S. farmers reported the same trend. According to the results of a survey conducted involving more than 300 Iowa farmers, GM crops have been gaining popularity among U.S. farmers, although not for economic reasons (Duffy, M. and Ernest, M., 2000).

Farms reporting GM soybeans as a proportion of all farms growing GM crops decreased for both small and medium farms. The proportion of large farms to all farms reporting GM crops jumped a significant 21.5%.

The total area of GM soybeans in Ontario rose sharply on both small (24.0%) and large (45.5%) farms. Despite the increase in land seeded to GM grain corn and soybeans, the proportion of total area seeded to GM crops declined on both small and medium farms (Figure 4).

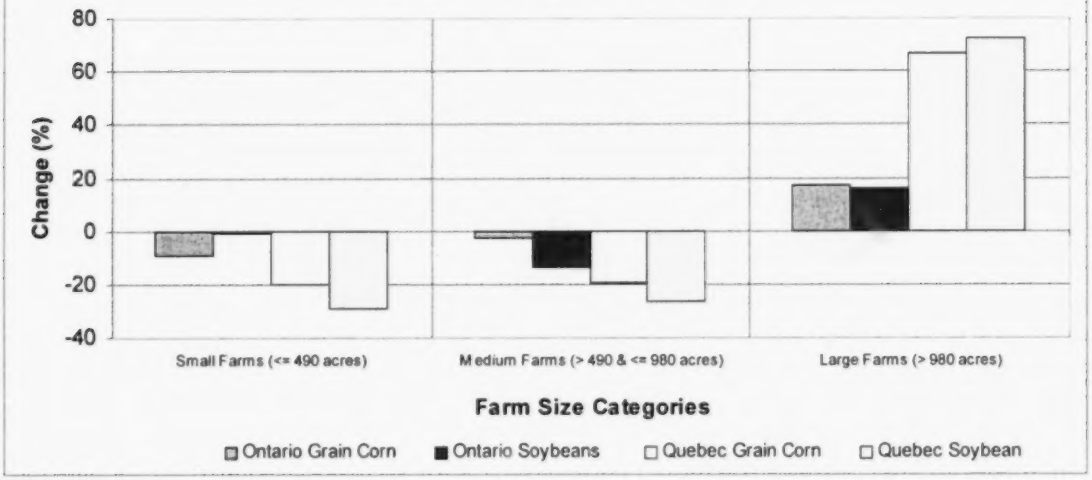
Figure 4
Changes in Farm Number Growing GM Crops in 2001 Compared to 2000 by Farm Size, Commodity and Province



Source: Statistics Canada, Agriculture Division, June Farm Surveys, 2000 and 2001.

Ontario farms classified as large expanded their soybean area 45.5%. They also increased their proportion of total GM area in relation to all other size categories by 16.1%. Farms of all sizes contributed to the increase in the GM soybean area in 2001, but the large farms played a major role in the increase. Compared with 2000, this indicates a gain of interest of large farms in GM crops (Table 5, Appendix 2, Figure 5).

Figure 5
Changes in the Proportion of GM Acreage in 2001 Compared to 2000 by Farm Size, Commodity and Province



Source: Statistics Canada, Agriculture Division, June Farm Surveys, 2000 and 2001.

In Quebec, the GM soybean area increased as in Ontario. Large farms seeded the largest proportion of the increase in the GM area—more than double the GM crop in 2000. The trend for grain corn was similar (Table 6, Appendix 2, Figure 5). In Quebec, large farms accounted for the largest percentage of GM grain corn area, 38.6%, and the largest percentage of GM soybean area, 48.4%. The percentage of GM area held by Quebec's large farms has risen 66.7% for grain corn and 77.2% for soybeans from 2000 to 2001 (Table 6, Appendix 2).

The survey data for 2000 and 2001 show that more Ontario and Quebec farmers are adopting GM crops. It also appears that, as farmers gain more experience in growing GM crops, operators of large farms have become much more interested in GM grain corn and soybeans than they were in the first few years that the seeds came on the market. This is a different portrait of the GM growers identified in the 2000 survey, who tended to be drawn largely from among the operators of what would normally be categorized as small to medium farms. That large farms are pulling ahead in the race to adopt GM crops can be interpreted as a sign of the end of the experimental phase in GM grain corn and soybean crops.

Regional Comparisons

In Quebec, increases in area of the GM grain corn were significant in two regions (9 and 13). However, GM grain corn area actually decreased in the other two regions (4 and 7). Although the total number of farms using GM grain corn dropped slightly, region 9 increased its number of GM farms. Area in GM soybean rose substantially in all regions, but growth was more noticeable in Region 7 and particularly Region 9, where GM soybean area more than quadrupled

in 2001. The higher number of Quebec farms in 2001 (up 9.0% from 2000) with GM soybean only partly explains this sharp rise in GM soybean area; much of the increase originated from farmers who already used GM soybean in 2000 expanding their GM area in 2001 (Table 8a and 8b Appendix 2).

In Ontario, the increase in GM grain corn area was mainly the result of a larger area sown by farmers who had grown GM grain corn in 2000. GM soybean area grew in 2001 because of both greater area sown by farmers who had grown GM soybeans in 2000 and more first-time GM soybean farmers, especially in Region 4 (Table 7a and 7b; Appendix 2).

The regression coefficients show that, in Ontario, as farmers increased their area of total grain corn, there was a corresponding increase in the area in GM corn. The situation for Ontario grain corn was similar to the pattern observed for Quebec soybeans (Table 9, Appendix 2).

Yield Comparisons

GM and non-GM Yield Comparisons

The Statistics Canada November Farm Survey reported that, generally, GM grain corn and soybean crops yielded more than non-GM varieties. According to the farmers surveyed in 2001, GM varieties yielded more than non-GM for both grain corn and soybeans in Ontario and Quebec. (Tables 10a, 10b, 11a and 11b, Appendix 2). This was the case across all farm sizes, the exception being grain corn grown on small Ontario farms. (Table 14a and 14b, Appendix 2).

In Ontario, GM grain corn yields were similar in 2000 and 2001. Yield for non-GM grain corn was lower in 2001 than in 2000 (Table 10a, Appendix 2). In Ontario, GM grain corn yielded 4.8 bushels per acre more than non-GM in 2000 and 7.8 bushels more in 2001.

In Quebec, the GM grain corn yield in 2001 was 18.7 bushels per acre greater than in 2000. That year was a poor one for grain corn in Quebec because of a dry spring followed by relatively cool and wet weather for the rest of the growing season. The GM grain corn yield was 11.5 bushels per acre more than non-GM grain corn in 2000, but in 2001, non-GM yields were 2.6 bushels per acre higher than GM yields (Table 11b, Appendix 2). We do not have a good explanation of why respondents to the 2001 survey reported better yields from non-GM grain corn compared with GM varieties. Farmer responses from the November 2001 Farm Survey also indicated substantial variation among agricultural regions (Tables 10a and 10b, Appendix 2). This variation was surprising, particularly the information that non-GM yields in some regions were higher than those for GM varieties. It may have been related to the response of the GM varieties to what were relatively dry crop conditions in the middle of the growing season.

For soybeans, the 2001 growing season produced one of the worst yields on record for Ontario. Unlike Ontario grain corn however, GM soybeans yielded more than non-GM soybeans in both 2000 and 2001. Yields varied substantially among agricultural regions, as was the case for grain corn (Table 11a, Appendix 2).

In Quebec, the GM soybean yields in 2000 and 2001 were similar. At the provincial level, soybean yields for non-GM varieties were 1.8 bushels per acre less than GM varieties in 2001,

but again there was substantial variation among regions. The GM yields were always higher than those of the non-GM varieties; 1.6 bushels per acre in 2000 and 3.5 bushels per acre in 2001.

Impact of GM Crop Varieties on Provincial Grain Corn and Soybean Production

In an effort to measure the impact of GM grain corn on average provincial yields, we compared the average yields of grain corn growers who had planted their entire grain corn area with GM seed to those growers who had used both GM grain corn and regular grain corn, as well as to those of growers who had planted regular corn only.

Grain Corn Yield

The findings show that, at the provincial level, in Quebec and Ontario, average grain corn yields for (1) farmers planting GM grain corn and (2) farmers planting both non-GM and GM varieties, yields were higher than the yields for farmers who reported growing only non-GM grain corn. This was the case in both 2000 and 2001. The GM techonology seems to have a positive impact on average yield per farm. This was a particularly interesting observation, as the grain corn growing conditions were quite different between the two years. In Ontario, conditions in 2000 were distinctly better than 2001; in Quebec, 2001 was clearly the better year (Table 12 and Table 12b, Appendix 2).

Soybean Yield

In Ontario, the 2001 soybean crop was one of the worst on record for all farms in all parts of the province (Table 13a, Appendix 2). At the provincial level, farms who grew only GM soybeans had better yields (1.9 bushels per acre) than farms growing only non-GM soybeans (Table 13a).

In Quebec, farms with only GM soybeans reported better yields in 2001 than in 2000 compared with those who grew a mix of GM and regular soybeans and those who grew only regular soybeans. This is true in all the agricultural regions except Region 13 where, even though the 2001 yield was lower than that in 2000, the decrease was smaller for farms with only GM soybeans (Table 13b, Appendix 2). In both 2000 and 2001, yields obtained by farmers growing only GM soybeans were higher than those obtained by farmers growing only non-GM soybeans—the difference was 14.4 bushels per acre. in 2001. In 2000, with poorer growing conditions, the difference was a smaller 2.3 bushels per acre (Table 13b, Appendix 2).

One should not always expect higher yields with GM grain corn and soybeans. The impact of GM grain corn will be related to corn borer infestation. If there is little corn borer injury with non-GM grain corn, yield advantage with GM grain corn should be limited. For Roundup Ready soybeans, weed control is the primary issue. However, if weeds are controlled well with non-GM soybeans, and without significant herbicide injury to the plants, then GM and non-GM yields should be about the same. The yield of GM soybeans should be better only if Roundup Ready soybeans and the use of the Roundup herbicide is the better means for weed control. It has been shown that GM grain corn varieties may not be economical unless corn borer pressure is high (Mark Sears and Art Schaafsma, 2001).

Yields by Commodity and Farm Size

In 2001, non-GM grain corn yielded more than GM grain corn in Quebec. The situation was reversed in Ontario (Table 14a, Appendix 2). Most of the variation in grain corn yields was observed among medium farms in both provinces.

Even though the 2001 growing season was less favorable, GM soybeans yielded more than non-GM soybeans (Table 14b, Appendix 2). Soybean yields similar to those of grain corn varied widely among farms classified as medium in both provinces.

Conclusion and Outlook

Preliminary work suggests that GM crops do not guarantee better yields and that farmers may not always capture economic benefits from them. Based on Statistics Canada's Farm Surveys, land seeded to GM varieties of grain corn and soybeans has increased in Quebec and in Ontario. The increase in GM area was due to existing GM growers increasing their GM seeded area as well as other farmers who had never grown GM crops seeding GM varieties for the first time in 2001. The increase in GM soybean area was substantial, especially in Quebec. Although the early adopters of GM grain corn and soybeans appeared to be largely the operators of small farms, large farmers appear to have been quick to recognize what appears to be a successful innovation. Operators of large farms have paid attention to the results of GM crop adoption by smaller operators, and have now themselves seeded significant amounts of land and become responsible for a significant amount of GM crop production.

The Statistics Canada November Farm Survey data show that, GM yields for soybeans and grain corn have been generally better than non-GM yields. However, this is not an assurance of better yields; under certain conditions GM crops may deliver lower yields than other varieties. GM crop varieties appear to boost yields for both grain corn and soybean crops.

It will be interesting to analyze this trend over the long term and further investigate the economic implications for agriculture. As GM crops gain popularity in the coming years, it will be interesting to collect data on such aspects as:

- the reasons for GM crop adoption
- the costs and net returns of GM crops
- whether GM crops reduce the use of pesticides
- differences in prices of GM crops compared with other varieties
- the characteristics of the GM grain corn and GM soybean markets.

Acknowledgements

I would like to thank Mike Trant, Rick Burroughs, Dave Roeske, Oliver Code, Julie Saumure and Mélanie Lefebvre for their helpful comments and text revision. I am also grateful to Owen Phillips of the Social Survey Methods Division for his assistance in data analysis and

methodological aspects. I would also like to thank Daniel Bergeron for verifying the data. It was very helpful.

References

Agriweek 15 January 2001 [Winnipeg].

Babubhai V.Shah and all., 1997. "SUDAAN: Software for Statistical Analysis of correlated Data", User's Manual, Vol. 1, pp.3.34.

Benbrook , Charles, 2001. "When Does It Pay to Plant Bt Corn: Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn, 1996-2001", Benbrook Consulting Services, former Executive Director of the National Academy of Science Board of Agriculture, USA.

Duffy, M. and Ernest, M., 2000. "Does planting GMO seed boost farmers' profits?", Leopold Center for Sustainable Agriculture, Iowa State University.
http://www.ag.iastate.edu/centers/leopold/newsletter/99-3leoletter/99-3gmoduffy.html

Economic Research Service, 2001. "Economic Issues in Agricultural Biotechnology: Farm-Level Effects of Adopting Genetically Engineered Crops", USDA, Information Bulletin No. 762, pp.13,
http://www.ers.usda.gov/publications/aib762.

Mark Sears and Art Schaafsma, 2001. "Responsible Deployment of Bt Corn Technology in Ontario", Canadian Food Inspection Agency, Plant Health and Production Division, Plant Biosafety Office,
http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbo/bt/btcormai2e.shtml.

Rautenberg, Oliver, 2000. "Aventis recalls this year GMO-grain corn StarLink harvest," [TR: sic] Bioscope, Biothec & Genetech Information,
http://www.bio-scope.com.case57e.htm.

Saxena, D., Flores,S. and Stotziky, G. 1999. "Transgenic Plants: Insecticidal Toxine in Root Exudates From Bt Corn", Nature, 402:480

William Lin, Gregory K.Price and Jorge Fernadez-Cornejo, 2001a. "Estimating Farm-Level Effects of Adopting of Herbicide-Tolerant Soybeans", Economic Research Service, USDA,
http://www.ers.usda.gov/briefing/biotechnology/readings.htm.

William Lin, gregory K. Price, and Edward Allen, 2001b. "Starlink: Impacts on the U.S. Corn Market and World Trade", Economic Research Service, USDA, http://www.ers.usda.gov/briefing/biotechnology/readings.htm.

Mendelsohn, M., 2001. "*Bacillus thuringiensis* subspecies *Tolworthi* Cry9C Protein and the Genetic Material Necessary for Its Production in Corn", Biopesticides Fact Sheet, United States Environmetal Protection Agency (EPA)
http://www.epa.gov.oppbppd1.biopesticides/factsheets/fs006466t.htm.

Roberts, G., Kovacevic, M., Mantel, H., Phillips, O., 2001. "Cross-sectional inference based on longitudinal surveys: Some experiences with Statistics Canada Surveys. To appear in *Proceedings of the 2001 Federal Committee on Statistical Methodology research conference.*

APPENDIX 1. Variance Calculation Formulae

Variance of the Difference between Totals

Variance estimates for the change from 2000 to 2001 have been calculated through the steps below.

The estimate for a total $\hat{y}_t$ (area or number of farms) for a given growing season t have been calculated as follow[6]:

$$\hat{Y}_t = \sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, y_{thk}(d)$$

Where $y_{thk}(d) = \begin{cases} y_{thk} & \text{if farm } k \text{ in the stratum } h \text{ belongs to domain } d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

And w_{thk} represent the adjusted weighted of farm k of n_h farms in the stratum h of L strata.

The variance of $\hat{Y}_1 - \hat{Y}_2$ is estimated by $\hat{V}(\hat{Y}_1 - \hat{Y}_2) = \hat{V}(\hat{Y}_1) + \hat{V}(\hat{Y}_2) - 2Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2)$

Where $\hat{V}(\hat{Y}_t) = \sum_{h=1}^{L}\left(1 - \frac{n_{th}}{N_{th}}\right)\frac{n_{th}}{n_{th}-1}\sum_{k=1}^{n_{th}}(w_{thk}\, y_{thk}(d) - \bar{y}_{th}(d))^2$, nth represent

$$\bar{y}_{th}(d) = \frac{1}{n_{th}}\sum_{k=1}^{n_{th}} w_{thk}\, y_{thk}(d),$$

$$Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2) = \sum_{h=1}^{L}\left(1 - \frac{n_h^*}{\min(N_{1h}, N_{2h})}\right)\frac{n_h^*}{n_h^* - 1}\sum_{k=1}^{n_h^*}(w_{1hk}\, y_{1hk}(d) - \bar{y}_{1h}^*(d))(w_{2hk}\, y_{2hk}(d) - \bar{y}_{2h}^*(d)),$$

$$\bar{y}_{th}^*(d) = \frac{1}{n_h^*}\sum_{k=1}^{n_h^*} w_{thk}\, y_{thk}(d),$$

And n_h^* represent the overlap of the two samples.

Variance of the Difference between Ratios

The ratio for the period t is estimated by $\hat{R}_t = \frac{\hat{Y}_t}{\hat{X}_t} = \frac{\sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, y_{thk}(d)}{\sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, x_{thk}(d)}$,

Where $y_{thk}(d) = \begin{cases} y_{thk} & \text{if farm } hk \text{ belongs to the domain} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

---

[6] Formulas adapted by Milorad Kovacevic and Owen Phillips from Methods presented in Roberts et al., 2001 to suit a rotating panel design. Methodologist, Social Survey Methods Division (SSMD), Statistics Canada

And $x_{ihk}(d) = \begin{cases} x_{ihk} \text{ if farm } hk \text{ belongs to the domain} \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases}$

Because the numerator and the denominator are both sample estimates, the Taylor linearization has been used to approximate the variance of the ratio change.

Then we approximate the variance of $\hat{R}_1 - \hat{R}_2$ by $\hat{V}(\hat{Z}_1 - \hat{Z}_2)$

Where $\hat{Z}_i = \sum_{h=1}^{L} \sum_{k=1}^{n_{ih}} w_{ihk} z_{ihk}(d)$,

And $z_{ihk}(d) = \dfrac{(y_{ihk}(d) - \hat{R}_i x_{ihk}(d))}{\hat{X}_i}$,

The variance is estimated by $\hat{V}(\hat{Z}_1 - \hat{Z}_2) = \hat{V}(\hat{Z}_1) + \hat{V}(\hat{Z}_2) - 2Cov(\hat{Z}_1, \hat{Z}_2)$

Where $\hat{V}(\hat{Z}_i) = \sum_{h=1}^{L} \left(1 - \dfrac{n_{ih}}{N_{ih}}\right) \dfrac{n_{ih}}{n_{ih} - 1} \sum_{k=1}^{n_{ih}} (w_{ihk} z_{ihk}(d) - \bar{z}_{ih}(d))^2$,

$\bar{z}_{ih}(d) = \dfrac{1}{n_{ih}} \sum_{k=1}^{n_{ih}} w_{ihk} z_{ihk}(d)$,

$Cov(\hat{Z}_1, \hat{Z}_2) = \sum_{h=1}^{L} \left(1 - \dfrac{n_h^*}{\min(N_{1h}, N_{2h})}\right) \dfrac{n_h^*}{n_h^* - 1} \sum_{k=1}^{n_h^*} (w_{1hk} z_{1hk}(d) - \bar{z}_{1h}^*(d))(w_{2hk} z_{2hk}(d) - \bar{z}_{2h}^*(d))$,

And $\bar{z}_{ih}^*(d) = \dfrac{1}{n_h^*} \sum_{k=1}^{n_h^*} w_{ihk} z_{ihk}(d)$.

APPENDIX 2. Reference Tables

Table 5. Changes in Farms by Size and Commodity in Ontario

Parameters	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Number of GM farms <= 490 acres	5,429	4,807	-11.5	2.23	**	4,391	4,918	12.0	1.86	**
Number of GM farms > 490 acres and <= 980 acres	1,220	1,149	-5.8	0.84	ns	916	932	1.7	0.18	ns
Number of GM farms > 980 acres	605	666	10.1	1.55	*	433	590	36.3	4.16	***
Number of non-GM farms <= 490 acres	9,615	8,874	-7.7	2.06	**	10,674	9,476	-11.2	3.48	***
Number of non-GM farms > 490 acres and <= 980 acres	1,441	1,387	-3.7	0.49	ns	1,659	1,593	-3.9	0.62	ns
Number of non-GM farms > 980 acres	473	524	11.0	1.09	ns	692	573	-17.2	2.32	**
Ratio of GM farms to total farms <= 490 acres (Ratio of number of farms)	36.1	35.1	-2.6	0.54	ns	29.1	34.2	17.2	2.9	***
Ratio of GM farms to total farms > 490 and <=980 acres	45.9	45.3	-1.2	0.19	ns	35.6	36.9	3.7	0.5	ns
Ratio of GM farms to total farms > 980 acres	56.2	56.0	-0.4	0.06	ns	38.5	50.7	31.9	4.0	***
Ratio of number of GM farms (<= 490 acres) to total number of GM farms	74.8	72.6	-3.0	1.54	*	76.5	76.4	-0.2	0.1	ns
Ratio of number of GM farms (>490 acres and <=980 acres) to total number of GM farms	16.8	17.4	3.2	0.42	ns	16.0	14.5	-9.4	1.1	ns
Ratio of number of GM farms (> 980 acres) to total number of GM farms	8.3	10.1	20.6	2.62	***	7.5	9.2	21.5	2.3	**
Ratio of number of all farms (<= 490 acres) to total number of all farms	80.1	78.6	-1.9	2.02	**	80.3	79.6	-0.8	1.0	ns
Ratio of number of all farms (> 490 acres and <= 980 acres) to total number of all farms	14.2	14.6	2.8	0.58	ns	13.7	14.0	1.8	0.4	ns
Ratio of number of all farms (> 980 acres) to total number of all farms	5.7	6.8	19.2	3.53	***	6.0	6.4	7.3	1.4	*
Total acres of GM farms <= 490 acres	240,033	242,048	0.8	0.13	ns	201,595	250,247	24.1	2.99	***
Total acres of GM farms > 490 acres and <= 980 acres	118,170	127,773	8.1	0.95	ns	103,981	112,342	8.0	0.69	ns
Total acres of GM farms > 980 acres	152,782	198,754	30.1	3.14	***	101,646	147,894	45.5	4.11	***
Average of GM acres for farms <= 490 acres	44	50	13.9	3.18	***	46	51	10.8	2.22	**
Average of GM acres for farms > 490 acres and <= 980 acres	97	111	14.8	2.48	***	113	121	6.3	0.70	ns
Average of GM acres for farms > 980 acres	252	298	18.2	2.41	***	235	251	6.8	0.85	ns
Ratio of GM farms (<= 490 acres) area to total area of GM farms	47.0	42.6	-9.4	2.09	**	49.5	49.0	-1.0	0.2	ns
Ratio of GM farms (> 490 acres and < 980 acres) area to total area of GM farms	23.1	22.5	-2.8	0.37	ns	25.5	22.0	-13.8	1.5	*
Ratio of GM farms (> 980 acres) area to total area of GM farms	29.9	35.0	16.9	2.38	***	25.0	29.0	16.1	1.9	**

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 6. Changes in Farms by Size and Commodity in Quebec

Parameters	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Number of GM farms <= 490 acres	2,382	1,988	-16.5	2.30	**	696	672	-3.5	0.23	ns
Number of GM farms > 490 acres and <= 980 acres	559	544	-2.8	0.30	ns	168	223	32.8	1.77	**
Number of GM farms > 980 acres	197	274	39.1	1.64	*	76	148	94.8	1.96	**
Number of non-GM farms <= 490 acres	3,530	3,663	3.8	0.65	ns	2,483	2,263	-8.8	1.44	*
Number of non-GM farms > 490 acres and <= 980 acres	531	523	-1.5	0.12	ns	537	534	-0.7	0.06	ns
Number of non-GM farms > 980 acres	113	173	52.3	2.11	**	152	193	26.9	1.45	*
Ratio of GM farms to total farms <= 490 acres (Ratio of number of farms)	40.3	35.2	-12.7	1.90	**	21.9	22.9	4.5	0.31	ns
Ratio of GM farms to total farms > 490 and <= 980 acres	51.3	51.0	-0.7	0.08	ns	23.8	29.5	23.8	1.40	*
Ratio of GM farms to total farms > 980 acres	63.5	61.3	-3.4	0.30	ns	33.4	43.5	30.2	1.28	*
Ratio of number of GM farms (<= 490 acres) to total number of GM Farms	75.9	70.9	-6.6	2.17	**	74.0	64.4	-13.0	2.12	**
Ratio of number of GM farms (> 490 acres and <= 980 acres) to total number of GM farms	17.8	19.4	8.7	0.82	ns	17.9	21.4	19.7	1.03	ns
Ratio of number of GM farms (> 980 acres) to total number of GM farms	6.3	9.8	55.5	2.19	**	8.1	14.2	75.5	1.84	**
Ratio of number of non-GM farms (<= 490 acres) to total number of all farms	80.8	78.9	-2.4	1.72	**	77.3	72.8	-5.9	2.60	***
Ratio of number of non-GM farms (> 490 acres and <= 980 acres) to total number of all farms	14.9	14.9	-0.1	0.02	ns	17.1	18.8	9.4	1.07	ns
Ratio of number of non-GM farms (> 980 acres) to total number of all farms	4.2	6.2	46.9	2.97	***	5.5	8.5	52.5	2.67	***
Total acres of GM farms <= 490 acres	124,589	129,358	3.8	0.42	ns	25,789	29,686	15.1	0.90	ns
Total acres of GM farms > 490 acres and <= 980 acres	75,048	78,521	4.6	0.44	ns	15,871	19,062	20.1	1.14	ns
Total acres of GM farms > 980 acres	60,068	130,494	117.2	1.42	*	16,276	45,700	180.8	1.20	ns
Average number of GM acres for farms <= 490 acres	52	65	24.4	3.8	***	37	44	19.3	2.3	**
Average number of GM acres for farms > 490 acres and <= 980 acres	134	144	7.6	0.8	ns	94	85	-9.6	0.7	ns
Average number of GM acres for farms > 980 acres	305	476	56.2	1.3	*	214	308	44.2	0.8	ns
Ratio of GM farms (<= 490 acres) area to total area of GM farms	48.0	38.2	-20.3	1.6	*	44.5	31.4	-29.4	1.3	ns
Ratio of GM farms (> 490 acres and <= 980 acres) area to total area of GM farms	28.9	23.2	-19.7	1.3	*	27.4	20.2	-26.3	1.0	ns
Ratio of GM farms (> 980 acres) area to total area of GM farms	23.1	38.6	66.7	1.6	*	28.1	48.4	72.2	1.3	ns

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant.

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 7a. Changes in GM Area by Agricultural Region in Ontario

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Region 1	234,277	254,409	8.6	1.36	*	216,497	275057	27.0	3.21	***
Region 2	162,902	193,195	18.6	2.25	**	117,459	138371	17.8	1.92	**
Region 3	59,327	62,708	5.7	0.48	ns	44,387	48542	9.4	0.76	ns
Region 4	53,856	58,158	8.0	0.74	ns	27,416	47861	74.6	4.33	***

T-test: T test Student value
*** Significantly different at 1% ** Significantly different at 5% * Significantly different at 10% ns Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 7b. Changes in GM Farm Number by Agricultural Region in Ontario

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Region 1	3,111	2,836	-8.8	1.41	*	3,166	3,380	6.8	0.98	ns
Region 2	2,576	2,357	-8.5	1.21	ns	1,595	1,782	11.7	1.21	ns
Region 3	771	670	-13.1	1.38	*	469	498	6.2	0.44	ns
Region 4	787	756	-3.9	0.38	ns	479	748	56.2	3.61	***

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 8a. Changes in GM Area by Agricultural Region in Quebec

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Region 4	37,923	28,961	-23.6	1.82	**	13,767	14,565	5.8	0.27	ns
Region 7	16,316	13,721	-15.9	1.05	ns	5,220	9,193	76.1	2.62	***
Region 9	3,965	7,319	84.6	1.81	**	1,170	6,218	431.5	2.34	***
Region 13	190,732	281,146	47.4	1.80	**	37,354	63,132	69.0	1.05	ns

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 8b. Changes in GM Farm Numbers by Agricultural Region in Quebec

	Grain corn					Soybeans				
	2000	2001	Change	T-test	P-value	2000	2001	Change	T-test	P-value
Region 4	510	450	-11.8	0.67	ns	208	220	5.8	.26	ns
Region 7	229	188	-17.9	1.10	ns	61	116	90.2	2.06	**
Region 9	63	92	46.0	.99	ns	25	44	76.0	1.46	*
Region 13	2029	1903	-6.2	.71	ns	630	630	0.0	.01	ns

T-test: T test Student value
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 9. Regression of the Difference between 2001 and 2000 GM Area on the Difference between 2001 and 2000 Non-GM Area for Farms Having GM Grain Corn and/or GM Soybean in both Growing Seasons 2001 and 2000.

Province	Crops	Dependent variable	Weighted mean of dependent variable (acres)	Independent variable and effect	BETA	SE	T: BETA=0	P-value
Ontario	Grain corn	$d260_{01\text{-}00}$	14.9 (17.9)	Intercept	7.75	3.15	2.46	**
				$d216_{01\text{-}00}$	0.40	0.06	6.25	***
	Soybean	$d261_{01\text{-}00}$	-18.05 (-1.8)	Intercept	-17.93	4.49	3.99	***
				$d228_{01\text{-}00}$	0.07	0.15	0.43	ns
Quebec	Grain corn	$d260_{01\text{-}00}$	5.4 (-6.2)	Intercept	9.59	8.31	1.15	ns
				$d216_{01\text{-}00}$	0.68	0.47	1.43	ns
	Soybean	$d261_{01\text{-}00}$	-20.5 (-21.5)	Intercept	3.37	9.70	0.35	ns
				$d261_{01\text{-}00}$	1.11	0.45	2.47	**

$d260_{01\text{-}00}$ 2001 GM grain corn area – 2000 GM grain corn area
$d261_{01\text{-}00}$ 2001 GM soybean area – 2000 GM soybean area
$d216_{01\text{-}00}$ 2001 non-GM grain corn area – 2000 non-GM grain corn area
$d228_{01\text{-}00}$ 2001 non-GM soybean area – 2000 non-GM soybean area
BETA: regression coefficient
T: BETA: T-test of Student
SE: standard error
***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 10a. Comparison of Average GM and Non-GM Grain-Corn Yields, Based on Area, Ontario

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province:	GM	109.0	109.1	0.1	**4.8**	**7.8**
	Non-GM	104.2	101.3	-2.9		
	Mean	**105.6**	**103.4**	**-2.2**		
Region 1[11]	GM	118.4	111.2	-7.2	4.6	11.0
	Non-GM	113.8	100.2	-13.6		
Region 2	GM	108.1	112.4	4.3	7.1	4.9
	Non-GM	101.0	107.5	6.5		
Region 3	GM	98.6	90.2	-8.4	2.0	10.1
	Non-GM	96.6	80.1	-16.5		
Region 4	GM	90.9	106.0	15.1	9.2	3.5
	Non-GM	81.7	102.5	20.8		

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

[11] Main grain corn-producing areas in Ontario and Quebec:

Ontario		**Quebec**	
Region No.	Area Name	Region No.	Area Name
1	Southern Ontario	4	Mauricie-Bois-Francs
2	Western Ontario	7	Lanaudière
3	Central Ontario	9	Laurentides
4	Eastern Ontario	13	Montérégie

Table 10b. Comparison of Average GM and Non-GM Grain Corn Yields, Based on Area, Quebec

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	GM	101.2	119.9	18.7	**11.5**	**-2.6**
	Non-GM	89.7	122.5	32.8		
	Mean	**95.6**	**121.9**	**26.3**		
Region 4	GM	81.9	132.8	50.9	6	6.1
	Non-GM	75.9	126.7	50.8		
Region 7	GM	80.9	105.4	24.5	3.2	-7.1
	Non-GM	77.7	112.5	34.8		
Region 9	GM	91.7	89.8	-1.9	22.8	5.5
	Non-GM	68.9	84.3	15.4		
Region 13	GM	105.6	120.1	14.5	7.9	-6.7
	Non-GM	97.7	126.8	29.1		

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 11a. Comparison of Average GM and Non-GM Soybean yields, Based on Area, Ontario

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	GM	39.0	21.7	-17.3	**1.0**	**0.8**
	Mean	**38.0**	**20.9**	**-17.1**		
Region 1[11]	GM	40.7	21.3	-19.4	1.1	0.8
	Non-GM	39.6	20.5	-19.1		
Region 2	GM	37.2	22.5	-14.7	-0.3	1.8
	Non-GM	37.5	20.7	-16.8		
Region 3	GM	38.5	16.5	-22.0	8.5	0.0
	Non-GM	30.0	16.5	-13.5		
Region 4	GM	35.1	26.3	-8.8	0.9	-1.7
	Non-GM	34.2	28.0	-6.2		

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

[11] Main soybean-producing areas in Ontario and Quebec:

Ontario		**Quebec**	
Region No.	Region Name	Region No.	Region Name
1	Southern Ontario	4	Mauricie-Bois-Francs
2	Western Ontario	7	Lanaudière
3	Central Ontario	9	Laurentides
4	Eastern Ontario	13	Montérégie

Table 11b. Comparison of Average GM and Non-GM Soybean Yields, Based on Area, Quebec

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	GM	38.6	38.7	0.1	**1.6**	**3.5**
	Non-GM	37.0	35.2	-1.8		
	Mean	**37.5**	**35.6**	**-1.9**		
Region 4	GM	33.4	42.0	8.6	5.0	5.5
	Non-GM	28.4	36.5	8.1		
Region 7	GM	36.5	33.4	-3.1	-1.5	-1.1
	Non-GM	38.0	34.5	-3.5		
Region 9	GM	28.8	27.3	-1.5	-3.5	-1.2
	Non-GM	32.3	28.5	-3.8		
Region 13	GM	40.5	40.6	0.1	-0.5	5.3
	Non-GM	41.0	35.3	-5.7		

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 12a. Comparison of Average Grain Corn Yields, Based on Overall Farm Yield , Ontario

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000***	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001***
Province	Non-GM AND GM	107.2	109.6	2.4	-2.4	-1.8
	GM	104.8	107.8	3.0	**2.6**	**10.2**
	Non-GM	102.2	97.6	-4.6	**5.0**	**12**
Region 1	Non-GM AND GM	116.6	114.5	-2.1	-8.2	-7.8
	GM	108.4	106.7	-1.7	**-4.8**	**11.5**
	Non-GM	113.2	95.2	-18.0	**3.4**	**19.3**
Region 2	Non-GM AND GM	107.0	114.9	7.9	0.3	2.8
	GM	107.3	117.7	10.4	**9.5**	**13.5**
	Non-GM	97.8	104.2	6.4	**9.2**	**10.7**
Region 3	Non-GM AND GM	99.9	77.8	-22.1	1.0	10.2
	GM	100.9	88.0	-12.9	**13.0**	**14.4**
	Non-GM	87.9	73.6	-14.3	**12.0**	**4.2**
Region 4	Non-GM AND GM	85.8	100.2	14.4	-0.7	-40.9
	GM	85.1	59.3	-25.8	**4.7**	**-40.7**
	Non-GM	80.4	100.0	19.6	**5.4**	**0.2**

[7]

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

[7] *: First row gives the yield difference between GM and GM and non-GM, the second row the yield difference between GM and non-GM and the third row, the yield difference between non-GM and GM and non-GM. Same remark valid for tables 12a, 12b, 13a, 13b.

Table12b. Comparison of Average Grain Corn Yields, based on Overall Farm Yield, Quebec

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	Non-GM AND GM	96.8	122.5	25.7	0.5	0.3
	GM	97.3	122.8	25.5	**13.1**	**4.0**
	Non-GM	84.2	118.8	34.6	**12.6**	**3.7**
Region 4	Non-GM AND GM	78.8	124.8	46.0	10.9	17.9
	GM	89.7	142.7	53.0	**17.1**	**17.6**
	Non-GM	72.6	125.1	52.5	**6.2**	**-0.3**
Region 7	Non-GM AND GM	83.8	105.0	21.2	1.9	-10.0
	GM	85.7	95.0	9.3	**5.7**	**-20.0**
	Non-GM	80.0	115.0	35.0	**3.8**	**-10.0**
Region 9	Non-GM AND GM	95.3	83.8	-11.5	-17.0	-
	GM	78.3	0.0	-	**3.9**	-
	Non-GM	74.4	83.5	9.1	**20.9**	**0.3**
Region 13	Non-GM AND GM	102.8	125.7	22.9	2.8	-3.3
	GM	105.6	122.4	16.8	**13.1**	**-0.1**
	Non-GM	92.5	122.5	30.0	**10.3**	**3.2**

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 13a. Comparison of Average Soybean Yields, Based on Overall Farm Yield, Ontario

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	Non-GM AND GM	38.1	21.6	-16.5	0.6	2.0
	GM	38.7	23.6	-15.1	**0.6**	**1.9**
	Non-GM	38.1	21.7	-16.4	**0.0**	**-0.1**
Region 1	Non-GM AND GM	40.2	20.3	-19.9	0.4	2.7
	GM	40.6	23.0	-17.6	**1.2**	**2.0**
	Non-GM	39.4	21.0	-18.4	**0.8**	**-0.7**
Region 2	Non-GM AND GM	36.6	21.9	-14.7	1.0	3.3
	GM	37.6	25.2	-12.4	**-1.0**	**3.0**
	Non-GM	38.6	22.2	-16.4	**-2.0**	**-0.3**
Region 3	Non-GM AND GM	32.1	17.0	-15.1	3.9	-2.2
	GM	36.0	14.8	-21.2	**5.2**	**-3.1**
	Non-GM	30.8	17.9	-12.9	**1.3**	**-0.9**
Region 4	Non-GM AND GM	35.4	29.4	-6.0	-1.3	-1.9
	GM	34.1	27.5	-6.6	**-0.1**	**-0.5**
	Non-GM	34.2	28.0	-6.2	**1.2**	**1.4**

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table13b. Comparison of Average Soybean Yields, Based on Overall Farm Yield, Quebec

Level of Analysis	Group	2000	2001	**Difference between 2001 and 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2000**	**Yield Difference between GM and Non-GM in 2001**
Province	Non-GM AND GM	40.4	30.6	-9.8	-0.9	19.2
	GM	39.5	49.8	10.3	**2.3**	**14.4**
	Non-GM	37.2	35.4	-1.8	**3.2**	**-4.8**
Region 4	Non-GM AND GM	32.2	39.6	7.4	3.4	1.7
	GM	35.6	41.3	5.7	**4.2**	**5.1**
	Non-GM	31.4	36.2	4.8	**0.8**	**3.4**
Region 7	Non-GM AND GM	47.5	21.0	-26.5	-9.8	17.6
	GM	37.7	38.6	0.9	-2.0	**0.8**
	Non-GM	39.7	37.8	-1.9	**7.8**	**-16.8**
Region 9	Non-GM AND GM	40.2	21.1	-19.1	-13.4	13.6
	GM	26.8	34.7	7.9	**-7.7**	**6.9**
	Non-GM	34.5	27.8	-6.7	**5.7**	**-6.7**
Region 13	Non-GM AND GM	40.9	33.6	-7.3	0.3	5.9
	GM	41.2	39.5	-1.7	**0.0**	**4.3**
	Non-GM	41.2	35.2	-6.0	**-0.3**	**-1.6**

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

Table 14a. Changes in GM and Non-GM Grain Corn Yield by Province, and Farm Size

Farm size	GM Grain corn Yield (bushels / acre)			Non-GM Grain corn Yield (bushels / acre)			Yield Difference between GM and Non-GM in 2000		Yield Difference between GM and Non-GM in 2001	
	2000	2001	Difference between 2001 and 2000	2000	2001	Difference between 2001 and 2000				
Quebec										
Farms <= 490 acres	100.1	119.9	19.8	92.9	121.1	28.2	7.2	2.01 **	-1.2	0.34 ns
Farms > 490 acres and <= 980 acres	107.1	116.0	8.9	90.5	119.7	29.2	16.6	1.82 *	-3.7	0.69 ns
Farms > 980 acres	102.1	124.1	22.0	90.4	128.3	37.9	11.7	1.22 ns	-4.2	0.69 ns
Ontario										
Farms <= 490 acres	110.0	111.9	1.9	106.7	103.7	-3.0	3.3	1.87 *	8.2	2.65 ***
Farms > 490 acres and <= 980 acres	109.7	111.9	2.2	102.6	101.1	-1.5	7.1	2.46 **	10.8	2.33 **
Farms > 980 acres	109.0	104.1	-4.9	102.7	96.8	-5.9	6.3	1.54 ns	7.3	1.84 *

***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

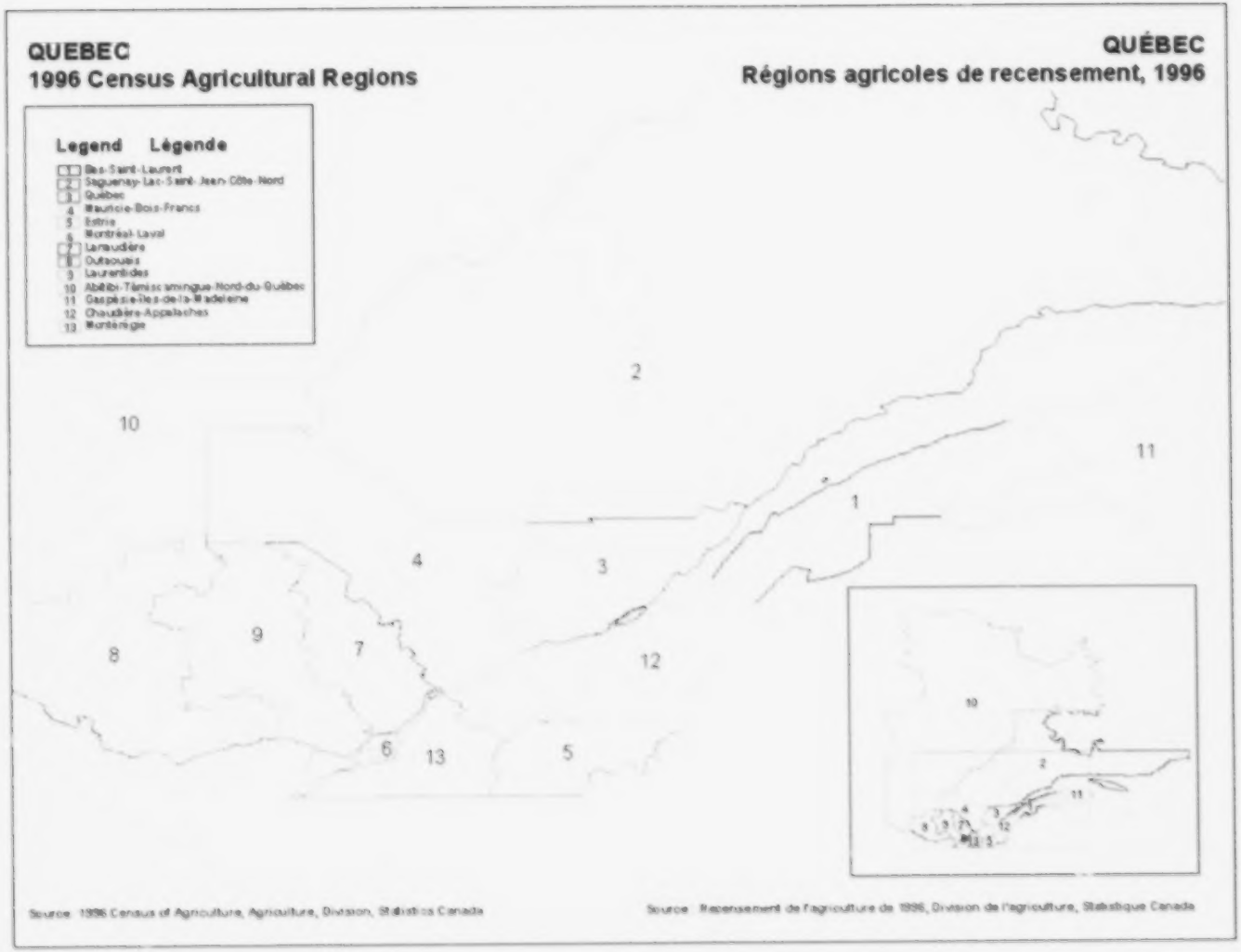
Table 14b. Changes in GM and Non-GM Soybean Yield by Province, Commodity and Farm Size

Farm size	GM Soybean Yield (bushels / acre)			Non-GM Soybean Yield (bushels / acre)			Yield Difference between GM and Non-GM in 2000		Yield Difference between GM and Non-GM in 2001	
	2000	2001	Difference between 2001 and 2000	2000	2001	Difference between 2001 and 2000		T-test		T-test
Quebec										
Farms <= 490 acres	39.6	37.3	-2.3	37.9	35.8	-2.1	1.7	1.01 ns	1.5	0.72 ns
Farms > 490 acres and <= 980 acres	37.4	37.5	0.1	37.0	34.3	-2.7	0.4	0.28 ns	3.2	1.85 *
Farms > 980 acres	38.1	38.1	0.0	34.9	35.4	0.5	3.2	0.65 ns	2.7	1.69 *
Ontario										
Farms <= 490 acres	38.9	22.3	-16.6	39.2	21.9	-17.3	-0.3	0.33 ns	0.4	0.66 ns
Farms > 490 acres and <= 980 acres	41.1	22.0	-19.1	39.0	20.5	-18.5	2.1	0.76 ns	1.5	1.51 ns
Farms > 980 acres	37.5	20.4	-17.1	35.3	19.4	-15.9	2.2	1.79 *	1.0	1.05 ns

***: Significantly different at 1% **: Significantly different at 5% *: Significantly different at 10% ns: Not significant

Source: Statistics Canada, Agriculture Division, calculated estimates from data of the 2000 and 2001 June Farm Surveys.

APPENDIX 3. Agricultural Regions of Ontario and Quebec (1996 Census of Agriculture)


QUEBEC
1996 Census Agricultural Regions
QUÉBEC
Régions agricoles de recensement, 1996
Legend Légende
1 Bas-Saint-Laurent
2 Saguenay-Lac-Saint-Jean-Côte-Nord
3 Québec
4 Mauricie-Bois-Francs
5 Estrie
6 Montréal-Laval
7 Lanaudière
8 Outaouais
9 Laurentides
10 Abitibi-Témiscamingue-Nord-du-Québec
11 Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
12 Chaudière-Appalaches
13 Montérégie
Source: 1996 Census of Agriculture, Agriculture Division, Statistics Canada
Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Division de l'agriculture, Statistique Canada

ONTARIO

1996 Census Agricultural Regions

ONTARIO

Régions agricoles de recensement, 1996

LEGEND	LÉGENDE
1 Southern Ontario Region	Région du Sud de l'Ontario
2 Western Ontario Region	Région de l'Ouest de l'Ontario
3 Central Ontario Region	Région du Centre de l'Ontario
4 Eastern Ontario Region	Région de l'Est de l'Ontario
5 Northern Ontario Region	Région du Nord de l'Ontario

Source: 1996 Census of Agriculture, Agriculture Division, Statistics Canada

Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Division de l'agriculture, Statistique Canada

Agriculture and Rural Working Paper Series

(* Available at http://dissemination.statcan.ca/english/IPS/Data/21-601-MIE.htm**)**

No.1	(21-601-MPE80001)	**A Description of Theil's RMPSE Method in Agricultural Statistical Forecasts (1980)**, Stuart Pursey
No.3	(21-601-MPE81003)	**A Review of the Livestock Estimating Project with Recommendations for the Future (1981)**, Bernard Rosien and Elizabeth Leckie
No.4	(21-601-MPE84004)	**An Overview of the Canadian Oilseed Industry (1984)**, Glenn Lennox
No.5	(21-601-MPE84005)	**Preliminary Analysis of the Contribution of Direct Government Payments to Realized Net Farm Income (1984)**, Lambert Gauthier
No.6	(21-601-MPE84006)	**Charɔ⁻teristics of Farm Entrants and their Enterprises in Southern Ontario for the Years 1966 to 1976 (1984)**, Jean B. Down
No.7	(21-601-MPE84007)	**A Summary of Commodity Programs in the United States (1984)**, Allister Hickson
No.8	(21-601-MPE84008)	**Prairie Summerfallow Intensity: An Analysis of 1981 Census Data (1984)**, Les Macartney
No.9	(21-601-MPE85009)	**The Changing Profile of the Canadian Pig Sector (1985)**, Mike Shumsky
No.10	(21-601-MPE86010)	**Revisions to the Treatment of Imputed House Rents in the Canadian Farm Accounts, 1926-1979 (1986)**, Mike Trant
No.11	(21-601-MPE92011)	**The Ratio Estimator: an Intuitive Explanation and Its Use in Estimating Agriculture Variables (1992)**, François maranda and Stuart Pursey
No.12	(21-601-MPE91012)	**The Impact of Geographic Distortion Due to the Headquarters Rule (1991)**, Rick Burroughs
No.13	(21-601-MPE91013)	**The Quality of Agriculture Data - Strengths and Weaknesses (1991)**, Stuart Pursey
No.14	(21-601-MPE92014)	**Alternative Frameworks for Rural Data (1992)**, A.M. Fuller, Derek Cook and Dr. John Fitzsimons
No.15	(21-601-MPE93015)	**Trends and Characteristics of Rural and Small Town Canada (1993)**, Brian Bigs, Ray Bollman and Michael McNames
No.16	(21-601-MPE92016)	**The Microdynamics and Farm Family Economics of Structural Change in Agriculture (1992)**, Phil Ehrensaft and Ray Bollman
No.17	(21-601-MPE93017)	**Grains and Oilseeds Consumption by Livestock and Poultry, Canada and Provinces 1992**, Livestock and Animal Products Section
No.18	(21-601-MPE94018)	**Trends and Patterns of Agricultural Structural Change: Canada / US Comparison**, Ray Bollman, Leslie A. Whitener and Fu Lai Tung
No.19	(21-601-MPE94019)	**Farm Family Total Income by Farm Type, Region and Size for 1990 (1994)**, Saiyed Rizvi, David Culver, Lina Di Piétro and Kim O'Connor
No.20	(21-601-MPE91020)	**Adjustment in Canadian Agriculture (1994)**, George McLaughlin
No.21	(21-601-MPE93021)	**Microdynamics of Farm Size Growth and Decline: A Canada-United States Comparison**, Fred Gale and Stuart Pursey
No.22	(21-601-MPE92022)	**The Structures of Agricultural Household Earnings in North America: Positioning for Trade Liberalization**, Leonard Apedaile, Charles Barnard, Ray Bollman and Blaine Calkins
No.23	(21-601-MPE92023)	**Potatoes: A Comparison of Canada/USA Structure**, Glenn Zepp, Charles Plummer and Barbara McLaughlin
No.24	(21-601-MPE94024)	**Farm Structure Data: A US-Canadian Comparative Review**, Victor J. Oliveira, Leslie A. Whitener and Ray Bollman
No.25	(21-601-MPE94025)	**Grain Marketing Statistics Statistical Methods Working Paper Version 2**, Karen Gray
No.26	(21-601-MPE94026)	**Farm Business Performance: Estimates from the Whole Farm Database**, W. Steven Danford
No.27	(21-601-MPE94027)	**An Attempt to Measure Rural Tourism Employment**, Brian Biggs
No.28*	(21-601-MIE950?8)	**Delineation of the Canadian Agricultural Ecumene for 1991**, Timothy J. Werschler
No.29	(21-601-MPE95029)	**Mapping the Diversity of Rural Economies: A preliminary Typology of Rural Canada**, Liz Hawkins
No.30*	(21-601-MIE96030)	**Structure and Trends of Rural Employment: Canada in the Ciontext of OECD Countries**, Ron Cunningham and Ray D. Bollman
No.31*	(21-601-MIE96031)	**A New Approach to Non-CMA/CA Areas**, Linda Howatson-Leo and Louise Earl

Agriculture and Rural Working Paper Series (continued)

(* Available at http://dissemination.statcan.ca/english/IPS/Data/21-601-MIE.htm)

No.32	(21-601-MPE96032)	**Employment in Agriculture and Closely Related Industries in Rural Areas: Structure and Change 1981-1991**, Sylvain Cloutier
No.33*	(21-601-MIE98033)	**Hobby Farming - For Pleasure or Profit?**, Stephen Boyd
No.34*	(21-601-MIE98034)	**Utilization of Document Imaging Technology by the 1996 Canadian Census of Agriculture**, Mel Jones and Ivan Green
No.35*	(21-601-MIE98035)	**Employment Patterns in the Non-Metro Workforce**, Robert Mendelson
No.36*	(21-601-MIE98036)	**Rural and Small Town Population is Growing in the 1990s**, Robert Mendelson and Ray D. Bollman
No.37*	(21-601-MIE98037)	**The Composition of Business Establishments in Smaller and Larger Communities in Canada**, Robert Mendelson
No.38*	(21-601-MIE98038)	**Off-farm Work by Census-farm Operators: An Overview of Structure and Mobility Patterns**, Michael Swidinsky, Wayne Howard and Alfons Weersink
No.39*	(21-601-MIE99039)	**Human Capital and Rural Development: What Are the Linkages?**, Ray D. Bollman
No.40*	(21-601-MIE99040)	**Computer Use and Internet Use by Members of Rural Households**, Margaret Thompson-James
No.41*	(21-601-MIE99041)	**RRSP Contributions by Canadian Farm Producers in 1994**, Marco Morin
No.42*	(21-601-MIE99042)	**Integration of Administrative Data with Survey and Census Data**, Michael Trant and Patricia Whitridge
No.43*	(21-601-MIE01043)	**The Dynamics of Income and Employment in Rural Canada: The Risk of Poverty and Exclusion**, Esperanza Vera-Toscano, Euan Phimister and Alfons Weersink
No.44*	(21-601-MIE01044)	**Rural Youth Migration Between 1971 and 1996**, Juno Tremblay
No.45*	(21-601-MIE01045)	**Measuring Economic Well-Being of Rural Canadians Using Income Indicators**, Carlo Rupnik, Margaret Thompson-James and Ray D. Bollman
No.46*	(21-601-MIE01046)	**The Geographical Patterns of Socio-Economic Well-Being of First Nations Communities in Canada**, Robin P. Armstrong
No.47*	(21-601-MIE01047)	**Distribution and Concentration of Canadian Livestock**, Martin S. Beaulieu
No.48*	(21-601-MIE01048)	**Intensive Livestock Farming: Does Farm Size Matter?**, Martin S. Beaulieu
No.49*	(21-601-MIE01049)	**Agriculture Statistics for Rural Development**, Ray D. Bollman
No.50*	(21-601-MIE01050)	**Rural and Small Town Employment: Structure by Industry**, Roland Beshiri and Ray D. Bollman
No.51*	(21-601-MIE01051)	**Working Time: How do Farmers Juggle with it and How has it Impacted Their Farmily Total Income**, Sylvain Cloutier
No.52*	(21-601-MIE01052)	**Growers of Genetically Modified Grain Corn and Soybeans in Quebec and Ontario: A Profile**, Bernard Hategekimana
No.53*	(21-601-MIE02053)	**Integration of Canadian and U.S. Cattle Markets**, Rita Athwal

N° 21-601-MIF au catalogue — N° 054

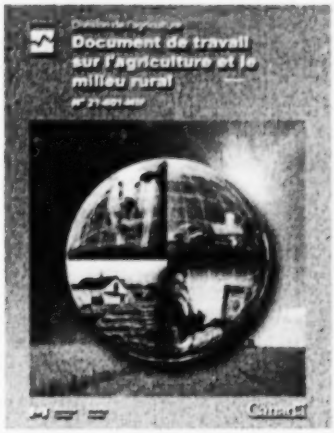
Document de recherche

Maïs-grain et soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario en 2000 et 2001

par Bernard Hategekimana

Division de l'agriculture
Immeuble Jean-Talon, 12e étage, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800-465-1991



Toutes les opinions émises par l'auteur de ce document ne reflètent pas nécessairement celles de Statistique Canada.

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Statistique
Canada
Division de l'agriculture

Série de document de travail sur l'agriculture et le milieu rural
Document de travail n°54

Maïs-grain et soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario en 2000 et 2001

Document produit par
Bernard Hategekimana
Section des cultures, Division de l'agriculture, Statistique Canada

Statistique Canada, Division de l'agriculture
Immeuble Jean Talon, 12e étage
Parc Tunney
Ottawa (Ontario) K1A 0T6

Septembre 2002

L'analyse et l'interprétation des données sont la responsabilité de l'auteur et non celle de Statistique Canada.

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Statistique
Canada
Division de l'agriculture

Séries de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural
Document de travail n° 54

Maïs-grain et soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario en 2000 et 2001

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada.

© Ministre de l'Industrie, 2002.

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire ou de transmettre le contenu de la présente publication, sous quelque forme que ce soit ou par quelque moyen que ce soit, enregistrement sur support magnétique, reproduction électronique, mécanique, photographique ou autre, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, sans l'autorisation écrite préalable des Services de concession des droits de licence, Division du Marketing, Statistique Canada, Ottawa (Ontario), Canada K1A 0T6.

Septembre 2002

N° 21-601-MIF2002054 au catalogue

Périodicité : Occasionnelle

Ottawa

This Publication is available in English upon request (Catalogue no. 21-601-MIE2002054)

Note de reconnaissance : Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, et les administrations canadiennes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Table des matières

Faits saillants ____ 2

Résumé ____ 3

Méthodologie ____ 5

Les phénomènes d'adoption sont dynamiques ____ 8

1. Exploitations agricoles produisant du maïs-grain et du soya ____ 8
2. Exploitations agricoles produisant du maïs-grain ou du soya ____ 9

Profil général ____ 12

Profil par produit et province ____ 15

Comparaisons selon la taille des exploitations ____ 17

Comparaisons selon les régions ____ 19

Comparaisons selon le rendement ____ 20

Comparaisons des rendements des cultures GM et NGM ____ 20
Incidence des variétés GM sur la production provinciale de maïs-grain et de soya ____ 21

Rendement par produit et selon la taille des exploitations ____ 22

Conclusion et perspectives ____ 22

Remerciements ____ 23

Bibliographie ____ 24

ANNEXE 1. Formules de calcul de la variance ____ 25

ANNEXE 2. Tableaux de référence ____ 27

ANNEXE 3. Régions agricoles de l'Ontario et du Québec (Recensement de l'agriculture de 1996) ____ 37

Maïs-grain et soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario en 2000 et 2001

Faits saillants

- De 2000 à 2001, il y a eu une nette augmentation du total des superficies ensemencées en maïs-grain et en soya génétiquement modifiés (GM) au Québec et en Ontario.
- Les superficies de soya GM ont augmenté plus que les superficies de maïs-grain GM.
- Le taux d'abandon de cultures GM a été plus élevé pour le maïs-grain que pour le soya.
- La majeure partie de l'augmentation des superficies GM est survenue au Québec.
- La proportion d'exploitations déclarant une culture de maïs-grain ou de soya GM a augmenté davantage dans la catégorie des grandes exploitations que dans toute autre catégorie de taille.
- Le soya et le maïs-grain GM ont connu tous deux de meilleurs rendements que les cultures non génétiquement modifiées (NGM).

Résumé

Le présent rapport porte sur l'évolution de 2000 à 2001 des superficies de maïs-grain et de soya génétiquement modifiés (GM). Dans la campagne agricole de 2001, la superficie totale en cultures GM a nettement augmenté au Québec et en Ontario tant pour le maïs-grain que pour le soya GM. On a observé une hausse considérable du nombre de grandes exploitations produisant du maïs-grain et du soya GM, alors que le nombre de petites et moyennes exploitations produisant des cultures GM est demeuré pratiquement inchangé.

Les superficies de soya GM ont augmenté plus que les superficies de maïs-grain GM. Ce sont les exploitations cultivant à la fois le maïs et le soya qui ont le plus contribué à cette progression. Cette dernière semble résulter d'un accroissement, par exploitation, de la superficie moyenne en cultures GM qui a été cultivée par des agriculteurs qui avaient produit des cultures GM en l'an 2000 et, dans une moindre mesure, à l'adoption de la technologie GM par de nouveaux agriculteurs.

C'est au Québec qu'on observe le gros de l'accroissement des superficies GM. Dans cette province, les superficies ensemencées en maïs-grain GM ont progressé de 30,3 % et celles en soya GM, de 63,0 %. En Ontario, la hausse a été de 11,3 % pour le maïs-grain et de 25,4 % pour le soya. Dans les deux provinces, l'accroissement des superficies en soya GM a été plus du double de l'augmentation des superficies en maïs-grain GM.

Au Québec comme en Ontario, les pourcentages des superficies de maïs-grain et de soya GM par rapport aux superficies totales respectives ont augmenté considérablement. Au Québec, elles s'établissaient respectivement à 31 % et à 27 % pour le maïs et le soya en 2001 comparativement à 27 % et 17 % pour l'année 2000. En Ontario, ces pourcentages étaient de 29 % et 23 % respectivement pour le maïs et le soya en 2001 comparativement à 27 % et 18 % en l'an 2000.

En 2001, la proportion d'exploitations déclarant du maïs ou du soya GM a augmenté davantage dans les grandes exploitations (ayant une superficie totale exploitée de plus de 980 acres) que dans tout autre groupe de taille. Le phénomène se remarquait tout particulièrement au Québec. Inversement, la catégorie des petites exploitations, qui détenait la plus grande proportion de la superficie GM en 2000, a vu sa part nettement décroître en 2001.

Sur le plan des rendements, les données de l'Enquête sur les fermes de novembre de Statistique Canada semblent indiquer que le soya et le maïs-grain GM ont connu de meilleurs rendements que les cultures NGM et qu'ils ont eu une incidence positive sur le rendement moyen de ces deux cultures.

Introduction

Le présent rapport décrit la production canadienne de maïs-grain et de soya GM. L'industrie de la biotechnologie a favorisé la création de variétés génétiquement modifiées de maïs-grain et de soya, le but étant de conférer aux cultures une résistance à des parasites, à des champignons ou à des herbicides en particulier. Nous allons parler de l'adoption de ces nouvelles cultures, ce qui

servira de base à un exercice plus poussé d'analyse des conséquences économiques sur l'agriculture.

À l'échelle internationale, la superficie en semences génétiquement modifiées (SGM) s'est accrue de 11,0 % en l'an 2000, passant de 98,5 millions d'acres à 109 millions d'acres. La presque totalité de cette superficie se trouvait dans les pays industrialisés de l'hémisphère nord. Mais qu'entend-on précisément par SGM pour le maïs-grain et le soya? Dans le cas du maïs-grain et du soya cultivés au Canada, ce sont des semences dont le patrimoine génétique a été modifié par des techniques de génie génétique qui permettent l'incorporation d'un gène étranger prélevé d'une autre variété ou espèce à variété, en vue de lui transférer certaines des qualités ou caractéristiques de la plante donneuse[1] (Saxena et coll., 1999).

Les scientifiques ainsi que les entreprises qui vendent les SGM et les produits chimiques qui les accompagnent considèrent que le recours à des plantes GM, notamment à celles qui résistent aux herbicides et aux insectes, est la meilleure solution pour contrôler les ravageurs, réduire l'utilisation de pesticides chimiques et les coûts associés, et accroître les rendements des cultures. Nombreux sont les agriculteurs qui appuient cette vision, d'autant que les plantes GM leur offrent une plus grande flexibilité en matière de pratiques agricoles. Par contre, on craint que des insectes bénéfiques puissent être affectés et éliminés en même temps que ceux contre lesquels on lutte. On craint également de transférer accidentellement des caractéristiques GM à des mauvaises herbes qui deviendraient ainsi difficiles à combattre.

La pollinisation croisée entre variétés GM et variétés NGM représente également un danger, plus particulièrement là où les agriculteurs s'emploient à cultiver des variétés NGM pour répondre aux exigences d'un certain marché intérieur ou extérieur. Ces appréhensions sont aussi partagées par les agriculteurs biologiques qui tentent de cultiver des cultures NGM. On ignore dans quelle mesure la pollinisation croisée a déjà pu contaminer les variétés NGM. Il est techniquement difficile et coûteux de séparer les variétés GM des variétés NGM tant dans les exploitations qu'au cours de l'entreposage et les moyens de transport. Selon une enquête récente menée aux États-Unis, la plupart des agriculteurs ne prévoient pas procéder à une telle ségrégation étant donné le coût très élevé de l'opération (*Agriweek*, 2001).

Les agriculteurs disent s'adonner aux cultures GM surtout parce que le travail agricole s'en trouve facilité. Cette observation s'avère intéressante, car des recherches provisoires semblent indiquer que les cultures GM ne sont pas garants de meilleurs rendements et que les agriculteurs

---

[1] Dans le cas du maïs Bt, on a incorporé le gène cry1Ab du *Bacillus thuringiensis*, lequel produit le précurseur d'une toxine qui tue la pyrale du maïs. Lorsque les larves de ce petit papillon dévorent le maïs-grain auquel ce gène a été incorporé, le précurseur se transforme en toxine et les larves meurent. La différence entre le maïs Bt StarLink et les autres variétés de ce maïs est que le premier contient le gène Cry9C de l'espèce secondaire *tolworthi* du *Bacillus thuringiensis*. C'est une sous-espèce qui se fixe à des récepteurs différents de ceux qui sont caractéristiques des gènes Cry1Ab et CryAc. De grandes concentrations de toxine (de 10 à 400 fois la quantité produite par les autres variétés de maïs Bt) se forment dans toutes les parties de la plante, alors que les toxines de ces autres variétés se situent principalement dans les feuilles et le pollen. La toxine de la variété StarLink de maïs Bt agit sur d'autres insectes contrairement au reste des variétés. La variété de maïs Bt la plus répandue au Canada est la Bt_176 ayant le gène Cry1Ab. Les propriétés protéochimiques du gène Cry9C sont semblables à celles qui causent des allergies alimentaires (elles sont allergènes) (Rautenberg, Oliver, 2000). Elles confèrent surtout une stabilité dans l'exposition à des températures élevées (90 °C) et une résistance à la dégradation par les sucs gastriques (Mendelsohn, 2001). Le gène du maïs et du soya Roundup Ready protège ceux-ci contre le glyphosate ou Roundup, qui est un herbicide non sélectif qui est utilisé normalement contre les mauvaises herbes.

pourraient ne guère tirer d'avantages économiques de cultures GM (Benbrook, 2001)[2]. Les exigences de certains pays importateurs qui imposent une ségrégation de ces cultures et des cultures NGM dans les champs et lors de l'entreposage et de la manutention pourraient s'avérer difficiles pour les agriculteurs canadiens et s'ajouterait à la complication qu'ils ont de prouver l'utilité des cultures GM dans l'agriculture au pays. Nous tenterons ici de décrire l'utilisation et l'acceptation du maïs et du soya GM par les agriculteurs québécois et ontariens dans l'évaluation qu'ils font du rendement de leur décision par rapport à la réaction du marché.

Méthodologie

Notre but premier est de procéder à une fine analyse des données afin de dresser le profil des agriculteurs qui ensemencent leurs champs de soya ou de maïs-grain en tout ou en partie avec des semences génétiquement modifiées (SGM). Nous voulons aussi évaluer l'incidence réelle de l'ensemencement de SGM sur les rendements des cultures et examiner tant l'évolution des superficies ensemencées que le mouvement d'adoption de la SGM comme apport en agriculture. Nos estimations reposent sur des données d'enquête sur les fermes de Statistique Canada. On peut relever des différences entre ces estimations et les statistiques officielles qui sont diffusées, ces dernières étant fondées sur tous les renseignements disponibles, et non pas seulement sur les estimations d'enquête sur les fermes.

Notre hypothèse de travail est que les agriculteurs expérimentent et adoptent de nouvelles technologies pour répondre à des besoins précis et accroître leur performance. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons examiné, dans les recherches qui ont précédé, les caractéristiques des exploitations susceptibles d'adopter la technologie SGM, ainsi que les autres caractéristiques que ces établissements peuvent avoir en commun. Nous avons appliqué des modèles logistiques aux données en utilisant le prologiciel Wesvar Complex Samples 3.0. Les données sur les rendements sont fondées sur les données relatives aux rendements recueillies à l'aide des Enquêtes sur les fermes de novembre 2000 et 2001 de Statistique Canada. Pour chaque campagne agricole, nous avons analysé les données au moyen de la procédure « DESCRIPT » du prologiciel SUUDAN 7.5.

Pour cerner les différences possibles entre les exploitations ayant adopté les cultures GM, nous avons constitué trois catégories de taille pour ces exploitations en fonction de la superficie totale exploitée (STE), suivant l'Enquête sur les fermes de juin 2000 et le Recensement de l'agriculture de 1996. Nous avons ainsi fixé la limite supérieure de la catégorie des petites exploitations :

1) STE moyenne selon l'Enquête sur les fermes de juin 2000 plus la moitié de l'erreur-type pour l'Ontario et le Québec;

---

[2] Dans cette étude, on a constaté que, en moyenne, le surcroît de rendement qu'apportait le maïs Bt n'augmentait pas suffisamment le revenu agricole pour qu'il couvre le surcroît de frais entraîné par l'achat de semence Bt. De 1996 à 2001, les agriculteurs américains ont payé au moins 659 millions de dollars de plus pour ensemencer leurs champs en maïs Bt et, ce faisant, ils n'ont augmenté leur récolte que de 276 millions de boisseaux, soit un gain économique d'environ 567 millions de dollars. Par conséquent, ces agriculteurs ont accusé une perte nette de 92 millions de dollars, soit 1,31 $ l'acre.

2) STE moyenne selon le Recensement de l'agriculture de 1996 pour les mêmes exploitations plus la moitié de l'erreur-type.

La limite supérieure de la catégorie des petites exploitations (490 acres) est dans ce cas la moyenne arrondie des résultats obtenus en 1) et 2). En consultant des spécialistes de la gestion d'entreprises agricoles, nous avons vérifié que ces 490 acres étaient la taille optimale, d'un point de vue économique, pour un grand nombre de produits agricoles en Ontario et au Québec. Pour la catégorie des exploitations moyennes, la limite supérieure est le double de celle de la catégorie des petites exploitations. Quant à la troisième catégorie, elle se compose de toutes les exploitations dont la taille dépasse la limite supérieure de la catégorie des exploitations moyennes.

Nous jaugeons ici l'évolution des superficies ensemencées et des rendements des cultures GM de 2000 à 2001. Des modifications du plan d'échantillonnage dans les Enquêtes sur les fermes de 2001 sont venues compliquer notre analyse. Elles ont créé des difficultés imprévues d'analyse de données, plus particulièrement dans les comparaisons entre années, parce que les échantillons de 2000 et 2001 n'étaient pas indépendants. Afin de vérifier la différence qu'accusent les estimations de juin 2001 et juin 2000, nous avons appliqué diverses formules[3] pour calculer la variance de la différence entre les totaux et entre les rapports (annexe 1).

Nous avons eu recours à une pondération longitudinale lorsque nous avons comparé la situation des agriculteurs GM dans les campagnes agricoles de 2001 et de 2000. Ceci nous a permis d'estimer les changement dans le nombre des exploitations de maïs-grain GM et/ou de soya GM dans l'une et l'autre de ces campagnes et faire la régression de la différence entre les superficies GM en 2001 et 2000 par rapport à la différence entre les superficies NGM ces mêmes années.

Nous avons imputé des valeurs de superficie en cas de non-réponse. Nous nous sommes servis des valeurs moyennes pour attribuer des valeurs aux données manquantes et pour ainsi dégager une approximation des superficies GM cultivées par des agriculteurs ayant des cultures GM, mais n'ayant pas déclaré de superficie GM. L'incidence de cette imputation est de 4,0 % à 5,5 % en 2001 et de 6,0 % à 9,6 % en 2000.

Nous avons comparé les rendements quantitativement en prenant la différence de rendements entre les deux campagnes agricoles, ainsi qu'entre les cultures GM et les cultures NGM. À l'aide de la procédure des rapports SUUDAN 7.5 et de la méthode « jackknife »[4] d'estimation de variance, nous avons calculé les rendements, les moyennes et les différences pour chaque campagne agricole. Dans la comparaison des rendements des cultures GM et des cultures NGM, nous avons pris la production et la superficie récoltée en cultures GM et en cultures NGM. Pour vérifier l'incidence de la technologie GM sur le rendement global des exploitations, nous avons réparti ces dernières en trois groupes. Le premier était formé des exploitations de maïs-grain ou

[3] Formules adaptées qui ont été tirées par Milorad Kovacevic et Owen Phillips de la méthodologie exposée dans Roberts et coll. (2001) en fonction d'un échantillon permanent en renouvellement.

[4] La méthode « jackknife » est une technique de rééchantillonnage permettant d'obtenir des estimations de variance cohérentes par rapport au plan d'échantillonnage. Pour de plus amples renseignements au sujet de cette méthode, veuillez consulter Babubhai V.Shah et coll. (1997).

de soya GM seulement (groupe GM). Le deuxième comprenait les exploitations de maïs-grain ou de soya NGM seulement (groupe ordinaire ou sans NGM). Le troisième était constitué des exploitations de maïs-grain ou de soya GM et NGM. Par souci de précision et de sauvegarde de la confidentialité des données, nous avons limité l'analyse régionale aux grandes régions de culture tant du maïs que du soya dans les deux provinces visées.

Les phénomènes d'adoption sont dynamiques

1. Exploitations agricoles produisant du maïs-grain et du soya

1.1 Cultures en 2001 et 2000

En 2001, les agriculteurs ont pris des décisions individuelles bien différentes de celles de l'an 2000 au moment de juger s'ils devaient cultiver du maïs-grain ou du soya GM et de prévoir les superficies à ensemencer. Certains ont augmenté leurs superficies GM, d'autres l'ont diminuée ou encore ils ont décidé de ne pas produire de cultures GM en 2001. Sur le nombre d'agriculteurs interrogés en 2000 et 2001 qui avaient cultivé du maïs-grain et du soya, 34,0 % en Ontario et 38,8 % au Québec ont déclaré avoir accru leur superficie de maïs-grain GM en 2001 et 22,8 % et 29,2 % respectivement ont fait de même dans le cas du soya GM (tableau 1, figure 1).

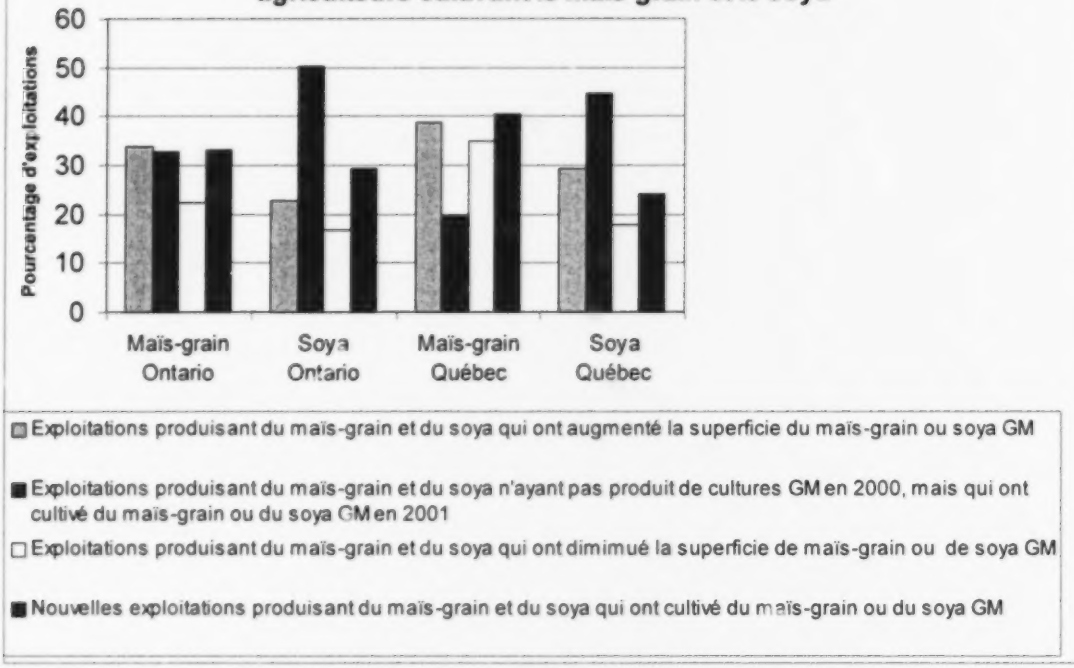
Parmi les agriculteurs qui n'ont pas semé de cultures GM en 2000, mais qui l'ont fait en 2001, la plus grande proportion a choisi le soya GM (50,1 % en Ontario et 44,8 % au Québec) et une proportion bien moindre, le maïs-grain GM (32,8 % et 19,4 % respectivement). Un grand nombre sont d'agriculteurs ont diminué leurs superficies de maïs-grain GM, et ce, bien plus que celles de soya GM (figure 1).

Certains agriculteurs qui avaient produit des cultures GM en 2000 y ont renoncé en 2001. En Ontario, 29,8 % des agriculteurs n'ont pas cultivé de maïs-grain GM en 2001, après en avoir produit en 2000, et 24,1 % n'ont pas cultivé de soya GM. Au Québec, les proportions correspondantes étaient très convergentes (24,4 % pour le maïs-grain et 24,3 % pour le soya).

1.2 Agriculteurs interrogés en 2001 seulement

Sur le nombre de producteurs de maïs-grain et de soya qui ont été ajouté à l'échantillon en 2001, une proportion relativement élevée a semé du maïs-grain GM, soit 33,2 % en Ontario et 40,6 % au Québec. Les proportions correspondantes pour le soya s'établissaient à 29,2 % et 24,2 % respectivement (figure 1).

Figure 1
Décisions de cultiver des cultures GM en 2001 chez les agriculteurs cultivant le maïs-grain et le soya


Pourcentage d'exploitations
60
50
40
30
20
10
0
Maïs-grain Ontario
Soya Ontario
Maïs-grain Québec
Soya Québec
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont augmenté la superficie du maïs-grain ou soya GM
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya n'ayant pas produit de cultures GM en 2000, mais qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM en 2001
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont dimimué la superficie de maïs-grain ou de soya GM
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

2. Exploitations agricoles produisant du maïs-grain ou du soya

2.1 Cultures en 2001 et 2000

En Ontario, 24,5 % des agriculteurs GM ont augmenté leurs superficies en soya GM et 18,4 % ont accru leurs superficies en maïs-grain GM. Inversement, au Québec, 26,9 % des agriculteurs GM ont accru leurs superficies en maïs-grain GM et seulement 13,5 % l'ont fait pour le soya GM (tableau 1, figure 2).

Au Québec, 52,7 % des agriculteurs n'ayant pas produit de cultures GM en 2000 ont cultivé du soya GM en 2001 et 39,4 % ont cultivé du maïs-grain GM. En Ontario, les proportions respectives d'agriculteurs ayant semé leur première culture GM en 2001 étaient plus ou moins équivalentes, soit 46,9 % pour le maïs-grain et 47,8 % pour le soya.

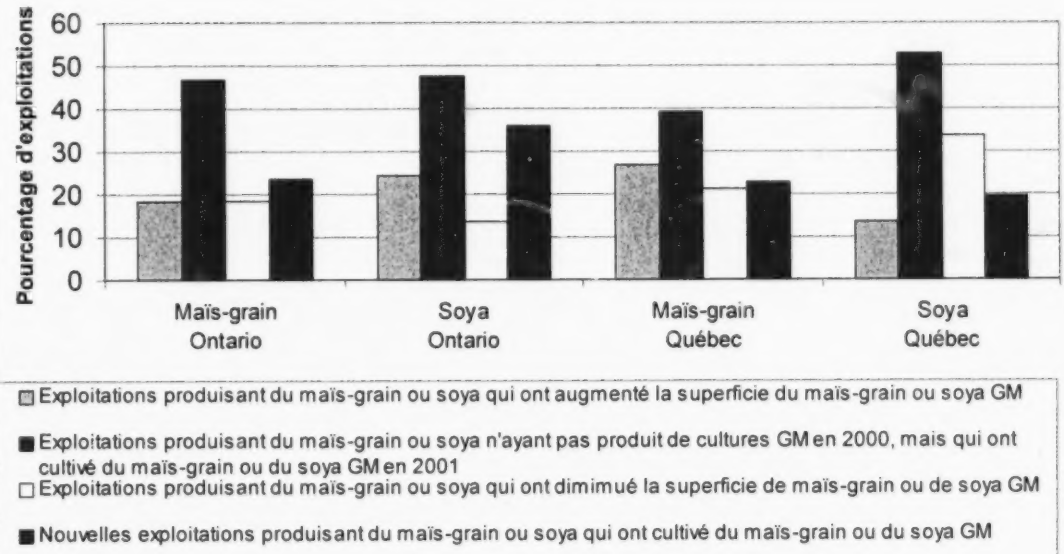
Sur le nombre d'agriculteurs québécois qui ont diminué leurs superficies en cultures GM, 33,8 % ont réduit leurs superficies en soya GM et 21,1 % ont réduit celles en maïs-grain GM. En Ontario, 18,6 % des agriculteurs ont semé moins de maïs-grain GM et 13,5 %, moins de soya GM. Au Québec, 30,1 % des agriculteurs ayant cultivé du maïs-grain GM en 2000 ne l'ont

pas fait en 2001. La proportion correspondante pour le soya GM s'établissait à 10,2 % (tableau 1, figure 2).

2.2 Agriculteurs interrogés en 2001 seulement

En 2001, 36,0 % des agriculteurs nouvellement interrogés en Ontario cultivaient du soya GM et 23,8 %, du maïs-grain GM. Au Québec, 22,7 % cultivaient le maïs-grain GM et 19,8 %, le soya GM (tableau 1).

Figure 2
Décisions de cultiver des cultures GM en 2001 chez les agriculteurs cultivant le maïs-grain ou le soya


Pourcentage d'exploitations
60
50
40
30
20
10
0
Maïs-grain Ontario
Soya Ontario
Maïs-grain Québec
Soya Québec
Exploitations produisant du maïs-grain ou soya qui ont augmenté la superficie du maïs-grain ou soya GM
Exploitations produisant du maïs-grain ou soya n'ayant pas produit de cultures GM en 2000, mais qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM en 2001
Exploitations produisant du maïs-grain ou soya qui ont dimimué la superficie de maïs-grain ou de soya GM
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain ou soya qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Sur le nombre total d'agriculteurs GM ontariens qui ont été interrogés en 2000 comme en 2001, ceux qui cultivaient le maïs-grain et le soya détenaient 74,1 % de la superficie en maïs-grain GM et 69,5 % de celle en soya GM comparativement à 55,4 % et 83,7 % respectivement au Québec.

À l'aide des chiffres qui suivent et des données du tableau 1, on peut constater que, en 2001 :

- le soya GM a été privilégié par les agriculteurs qui ont semé du maïs-grain et du soya mais qui n'avaient pas produit de cultures GM en 2000. Le phénomène était particulièrement évident au Québec;

- plus d'agriculteurs produisant du maïs-grain et du soya ont décidé d'accroître leurs superficies en maïs-grain GM. Parmi ceux qui ont décidé de diminuer leurs superficies GM, la majorité a choisi de réduire les superficies en maïs-grain GM au lieu de réduire celles en soya GM;
- plus d'agriculteurs qui avaient produit du maïs-grain GM en 2000 ont abandonné cette culture en 2001 par rapport aux agriculteurs qui avaient cultivé le soya GM;
- les tendances de l'adoption de la technologie GM ne sont pas les mêmes au Québec et en Ontario. En Ontario, la proportion des agriculteurs qui ont semé du maïs-grain GM n'était que légèrement plus élevée que celle du soya GM. Au Québec cependant, les agriculteurs se sont plus intéressés au soya GM qu'au maïs-grain GM, ce qui peut s'expliquer par différentes expériences avec ces deux cultures. Le soya est une culture relativement nouvelle au Québec si on compare cette province à l'Ontario. Plus de nouveaux agriculteurs cultivant le maïs-grain et le soya GM ont préféré le premier au second, mais lorsque des agriculteurs ont décidé de cultiver ou du maïs-grain ou du soya GM, le soya GM a été privilégié, surtout au Québec;
- parmi les agriculteurs cultivant le maïs-grain ou le soya, un nombre relativement élevé d'agriculteurs ontariens ayant semé du soya GM en 2000 ont accru leurs superficies GM en 2001. Au Québec, les agriculteurs ayant semé du maïs-grain GM en 2000 ont fait de même;
- plus de producteurs québécois de maïs-grain ou de soya n'ayant pas produit de cultures GM en 2000 ont décidé de semer d'abord du soya GM.

Les résultats font voir qu'il existe toujours un courant d'adoption de la technologie GM. À en croire l'industrie cependant, la pyrale du maïs a fait d'importants dégâts en Ontario en 1999. Aux yeux de certains analystes de l'industrie, ces ravages pourraient avoir incité plus d'agriculteurs à faire l'essai du maïs-grain GM en 2000. Comme la pyrale a nettement moins sévi en 2000, cette expérience favorable a fort probablement amené les agriculteurs à continuer à accroître leurs superficies GM.

Tableau 1. Pourcentage d'agriculteurs GM par produit et catégorie de taille et selon les décisions

	Ontario		Québec	
	Maïs-grain	Soya	Maïs-grain	Soya
1. Agriculteurs ayant semé du maïs-grain et du soya				
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont augmenté les superficies de maïs-grain ou de soya GM	34,0	22,8	38,8	29,2
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya n'ayant pas produit de cultures GM en 2000, mais qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM en 2001	32,8	50,1	19,4	44,8
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont diminué les superficies de maïs-grain ou de soya GM	22,3	16,7	35,0	17,8
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé des cultures GM en 2000, mais non pas en 2001	29,8	24,1	24,4	24,3
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya seulement qui ont cultivé la même superficie d'ensemencement GM	4,4	4,6	3,0	1,5
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui n'ont pas déclaré de superficie GM	6,4	5,9	3,8	6,7
Total 11	**100**	**100**	**100**	**100**
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM	33,2	29,2	40,6	24,2
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui n'ont pas cultivé ni maïs-grain ni soya GM	64,4	67,1	55,1	71,6
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain et du soya GM mais qui n'ont pas déclaré leurs de superficies	2,4	3,6	4,3	4,2
Total 12	**100**	**100**	**100**	**100**
2. Agriculteurs ayant semé du maïs-grain ou du soya				
Exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui ont augmenté la superficie GM	18,4	24,5	26,9	13,5
Exploitations produisant du maïs-grain ou du soya n'ayant pas produit de cultures GM en 2000, mais qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM en 2001	46,9	47,8	39,4	52,7
Exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui ont diminué la superficie GM	18,6	13,5	21,1	33,8
Exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui ont cultivé des cultures GM en 2000, mais non pas en 2001	25,1	22,6	30,1	10,2
Exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui ont cultivé la même superficie GM	1,7	0,0	2,3	0,0
Exploitations produisant du maïs-grain et du soya GM mais qui n'ont pas déclaré leurs de superficies	14,5	14,2	10,3	0,0
Total 21	**100**	**100**	**100**	**100**
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui ont cultivé du maïs-grain ou du soya GM	23,8	36,0	22,7	19,8
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain ou du soya qui n'ont pas cultivé ni maïs-grain ni soya GM	67,2	61,8	73,0	69,9
Nouvelles exploitations produisant du maïs-grain ou du soya GM mais qui n'ont pas déclaré leurs de superficies	9,0	2,2	4,3	10,4
Total 22	**100**	**100**	**100**	**100**

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

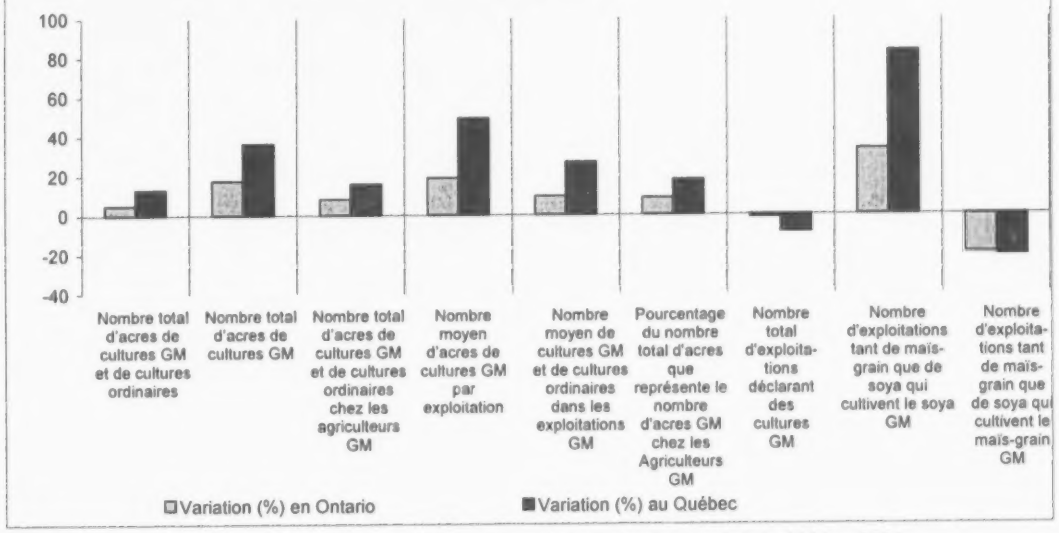
Profil général

Au Québec et en Ontario, la superficie totale de maïs-grain et de soya GM augmente toujours, tout comme la proportion des ensemencements de maïs-grain et de soya en variétés GM. On s'étonnera néanmoins que les agriculteurs cultivant le maïs-grain et le soya GM soient en nombre décroissant, bien que les superficies continuent à s'accroître. Cette divergence implique que la superficie GM par exploitation augmente nettement chez ceux qui choisissent de

persévérer comme agriculteurs GM. Ceux qui, en temps normal, cultivent le maïs-grain et le soya contribuent le plus à la progression des cultures de maïs-grain et de soya GM (tableau 2, figure 3).

Le nombre d'exploitations de maïs-grain et de soya qui ont déclaré une superficie GM pour les deux cultures est en hausse, mais pas nettement. On relève au Québec et en Ontario une baisse significative du nombre d'exploitations de maïs-grain et de soya déclarant seulement une superficie de maïs-grain GM et une nette augmentation dans ces deux provinces du nombre d'exploitations cultivant uniquement le soya GM (tableau 2, figure 3).

Figure 3
Évolution de 2000 à 2001 de la superficie et du nombre d'exploitants GM en Ontario et au Québec


100
80
60
40
20
0
-20
-40
Nombre total d'acres de cultures GM et de cultures ordinaires
Nombre total d'acres de cultures GM
Nombre total d'acres de cultures GM et de cultures ordinaires chez les agriculteurs GM
Nombre moyen d'acres de cultures GM par exploitation
Nombre moyen de cultures GM et de cultures ordinaires dans les exploitations GM
Pourcentage du nombre total d'acres que représente le nombre d'acres GM chez les Agriculteurs GM
Nombre total d'exploitations déclarant des cultures GM
Nombre d'exploitations tant de maïs-grain que de soya qui cultivent le soya GM
Nombre d'exploitations tant de maïs-grain que de soya qui cultivent le maïs-grain GM
Variation (%) en Ontario
Variation (%) au Québec

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Le nombre d'exploitants cultivant seulement le maïs-grain et déclarant du maïs-grain GM a diminué tant en Ontario qu'au Québec. Cela va dans le sens de l'observation faite plus tôt que, en 2001, le soya GM paraît avoir intéressé les agriculteurs plus que le maïs-grain GM, ce qui pourrait aussi simplement traduire les attentes des exploitants au printemps de 2001 en ce qui concerne la maïsiculture et son rendement futur.

Tableau 2. Évolution du nombre total d'exploitations GM en Ontario et au Québec

	Ontario					Québec				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Superficie totale	1 877 970	1 972 108	5,0	2,79	***	973 371	1 099 917	13,0	2,11	**
Nombre total d'acres de cultures GM	918 207	1 079 057	17,5	4,78	***	317 639	432 821	36,3	1,6	*
Nombre total d'exploitations ayant déclaré des cultures GM	10 632	10 507	-1,2	0,36	ns	3 463	3 166	-8,6	1,58	*
Nombre d'exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé du maïs-grain et du soya GM	2 362	2 553	8,1	1,08	ns	615	685	11,4	0,78	ns
Nombre d'exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé du maïs-grain GM	2 941	2 371	-19,4	3,26	***	1 202	952	-20,8	2,5	***
Nombre d'exploitations produisant du maïs-grain et du soya qui ont cultivé du soya GM	1 400	1 864	33,1	2,91	***	116	212	82,8	1,83	***
Nombre d'exploitations produisant du maïs-grain qui ont cultivé du maïs-grain GM	1 951	1 698	-13,0	1,33	*	1 321	1 170	-11,4	1,04	ns
Nombre d'exploitations produisant du soya qui ont cultivé du soya GM	1 978	2 021	2,2	0,21	ns	209	147	-29,7	1,01	ns
Nombre moyen d'acres de cultures GM par exploitation	86	103	18,9	5,43	***	92	137	49,0	2,04	**
Nombre total d'acres de cultures GM et de cultures NGM chez les agriculteurs GM	2 326 922	2 517 456	8,2	2,88	***	791 370	916 797	15,8	1,44	*
Nombre moyen d'acres de cultures GM et de cultures NGM dans les exploitations GM	219	240	9,5	3,11	***	229	290	26,7	2,43	***
Pourcentage du nombre total d'acres que représente le nombre d'acres de cultures GM chez les agriculteurs GM	39	43	8,6	3,18	***	40	47	17,6	1,54	*

Test T : valeur du test T de Student.
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Il reste que, aux États-Unis, le soya GM a aussi semblé attirer l'attention des agriculteurs plus que le maïs-grain GM, notamment en 1998 (Economic Research Service, 2001). Cette année-là, les superficies ensemencées en soya tolérant aux herbicides ont représenté environ 44,2 % du total comparativement à 37,5 % pour le maïs Bt et le maïs tolérant aux herbicides collectivement. Les superficies de soya tolérant aux herbicides représentaient près de 70 % du total en 2001 (L. Williams et coll., 2001a). L'incident qui s'est produit avec la variété de maïs StarLink[5] (L. Williams et coll., 2001b) peut expliquer la lente progression du maïs-grain GM en 2001 par rapport à celle du soya GM. Il a nui aux exportations de maïs des États-Unis, entraînant le prix du maïs-grain à la baisse et ayant probablement aussi pour effet de freiner l'extension des superficies de maïs-grain GM au Canada.

Les agriculteurs ne cultivant que le soya et ayant déclaré du soya GM ont accru leurs superficies de seulement 2,2 % en Ontario, alors que ceux du Québec ont diminué les leurs de 29,7 %

[5] StarLink est une variété de maïs GM homologuée pour l'alimentation des animaux, mais non pas pour l'utilisation industrielle ni la consommation humaine. Cette variété contient la protéine Cry9C toxique pour la pyrale du maïs et certains autres insectes nuisibles. En 2000, un laboratoire d'essai a révélé la présence de cette protéine dans un échantillon de coquilles à tacos Taco Bell. L'incident a obligé à rappeler des centaines de denrées alimentaires et de produits du maïs.

(tableau 2). Il semblerait que les agriculteurs qui cultivent uniquement le maïs-grain ou le soya hésitent toujours à adopter la technologie GM, sans doute à cause des risques prévus en matière de débouchés ou de rendement.

Profil par produit et province

En Ontario, les superficies de maïs-grain et de soya GM ont connu une forte hausse de 2000 à 2001. La superficie en soya GM s'est accrue de 25,4 % et celle en maïs-grain GM, de 11,3 % (tableau 3). Le nombre d'exploitations agricoles déclarant du maïs-grain GM a accusé une baisse appréciable de 8,7 % tandis que le nombre d'exploitations cultivant du soya GM a augmenté de 12,2 %.

Dans les exploitations ontariennes ayant semé des cultures GM, les superficies de maïs-grain et de soya GM et non génétiquement modifiés (NGM) se sont accrues de 2000 à 2001. La superficie moyenne de maïs-grain et de soya GM par exploitation déclarant des cultures GM a évolué en hausse. Toutefois, la superficie ensemencée en maïs-grain et en soya par les agriculteurs ayant déclaré des cultures GM a augmenté pour le maïs-grain et diminué légèrement pour le soya. Ainsi, la hausse de la superficie en maïs-grain GM est principalement attribuable à une progression des superficies GM des agriculteurs GM existants, et non pas aux nouveaux producteurs. Dans le cas du soya, l'accroissement des superficies GM en 2001 serait surtout attribuable aux agriculteurs ayant décidé cette année-là de cultiver du soya GM pour la première fois, et, en deuxième lieu, aux producteurs existants qui ont choisi d'étendre leurs cultures GM.

Tableau 3. Évolution du nombre d'exploitations GM par produit, Ontario

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Nombre total d'acres de cultures GM	510 986	568 574	11,3	2,61	***	407 221	510 483	25,4	4,6	***
Nombre total d'exploitations ayant déclaré des cultures GM	7 255	6 622	-8,7	2,61	***	5 740	6 439	12,2	2,4	***
Nombre moyen d'acres de cultures GM par exploitation	70,4	85,9	21,9	5,26	***	71	79	11,7	2,8	***
Nombre total d'acres de cultures GM et de cultures NGM dans les exploitations GM	954 428	1 022 611	7,1	1,98	**	810 505	893 740	10,3	2,28	**
Nombre moyen d'acres de cultures GM et de cultures NGM dans les exploitations GM	132	154	17,4	4,53	***	141	139	-1,7	0,42	ns
Pourcentage du nombre total d'acres que représente le nombre d'acres de cultures GM chez les agriculteurs GM	54	56	3,9	1,39	*	50	57	13,7	3,6	***
Nombre total d'acres des exploitations n'ayant pas de cultures GM	925 624	949 498	2,6	0,72	ns	1 510 534	1 282 525	-15,1	5,35	***
Nombre d'exploitations n'ayant pas de cultures GM	11 528	10 782	-6,5	1,99	**	13 025	11 642	-10,6	3,93	***
Nombre moyen d'acres par exploitation n'ayant pas de cultures GM	80	88	10,0	3,01	**	116	110	-5,0	2,0	**
Pourcentage du nombre total d'acres de cultures GM et de cultures NGM que représente le nombre d'acres de cultures GM	27	29	6,0	1,55	*	18	23	34,0	6,0	***

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Au Québec, les superficies de maïs-grain GM ont augmenté de 30,3 % et celles du soya GM ont fait un bond de 63,0 % de 2000 à 2001. Comme en Ontario, le nombre d'exploitations agricoles qui, au Québec, ont déclaré cultiver du maïs-grain GM a chuté de 10,6 %, alors que le nombre correspondant d'exploitations québécoises cultivant du soya GM a crû de 11,0 %, mais sans que la différence soit significative du point de vue statistique (tableau 4). Dans les exploitations déclarant des cultures GM, la superficie totale moyenne de maïs-grain et de soya s'est accrue, tout comme le pourcentage que représente la superficie de maïs-grain et de soya GM.

Tableau 4. Évolution du nombre d'exploitations GM par produit, Québec

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Nombre total d'acres de cultures GM	259 705	338 373	30,3	1,55	*	57 934	94 448	63,0	1,46	*
Nombre total d'exploitations ayant déclaré des cultures GM	3 138	2 806	-10,6	1,85	**	940	1 043	11,0	0,89	ns
Nombre moyen d'acres de cultures GM par exploitation	83	121	45,7	2,29	**	62	91	46,9	1,34	*
Nombre total d'acres de cultures GM et de cultures NGM dans les exploitations GM	570 344	641 451	12,5	1,18	ns	96 774	123 493	27,6	1,07	ns
Nombre moyen d'acres de cultures GM et de cultures NGM dans les exploitations GM	182	229	25,8	2,45	***	103	118	15,0	0,71	ns
Pourcentage du nombre total d'acres que représente le nombre d'acres de cultures GM chez les agriculteurs GM	46	53	15,8	1,75	**	60	76	27,8	2,57	***
Nombre total d'acres des exploitations n'ayant pas de cultures GM	403 028	458 466	13,8	2,15	**	251 125	230 410	-8,2	1,24	ns
Nombre d'exploitations n'ayant pas de cultures GM	4 174	4 358	4,4	0,88	ns	3 172	2 989	-5,8	1,16	ns
Nombre moyen d'acres par exploitation n'ayant pas de cultures GM	97	105	9,0	1,62	*	79	77	-2,6	0,42	ns
Pourcentage du nombre total d'acres de cultures GM et de cultures NGM que représente le nombre d'acres de cultures GM	27	31	15,3	1,22	ns	17	27	60,3	1,84	**

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Comparaisons selon la taille des exploitations

Le nombre de grandes exploitations signalant des cultures GM a nettement augmenté de 2000 à 2001, tout comme la superficie totale de maïs-grain et de soya GM dans les grandes exploitations du Québec et de l'Ontario. La superficie moyenne de maïs-grain et de soya GM par exploitation a accusé une hausse significative dans toutes les catégories de taille, mais elle a le plus progressé dans la catégorie des grandes exploitations. La part de la superficie totale en cultures GM que détiennent les petites et moyennes exploitations a rétréci, mais le phénomène a été plus que compensé par d'importantes hausses de superficie en cultures GM dans les grandes exploitations. Cette dernière catégorie de taille a largement contribué à l'extension de la superficie totale en cultures GM (tableaux 5 et 6, annexe 2).

En Ontario, le nombre de petites exploitations déclarant du maïs-grain GM a chuté de 11,5 %. La proportion des petites exploitations produisant des cultures GM a aussi reculé de 2,6 % par rapport à l'ensemble des petites exploitations. Pour encore compliquer les choses, des estimations d'enquête font voir que, de 2000 à 2001, les exploitations considérées comme petites ont perdu du terrain en proportion du nombre total d'exploitations.

La situation est différente dans le cas du soya GM. Le nombre et la proportion d'exploitations agricoles déclarant des cultures GM par rapport à l'ensemble des exploitations de soya ont augmenté, peu importe la taille de la ferme. Les augmentations sont significatives du point de

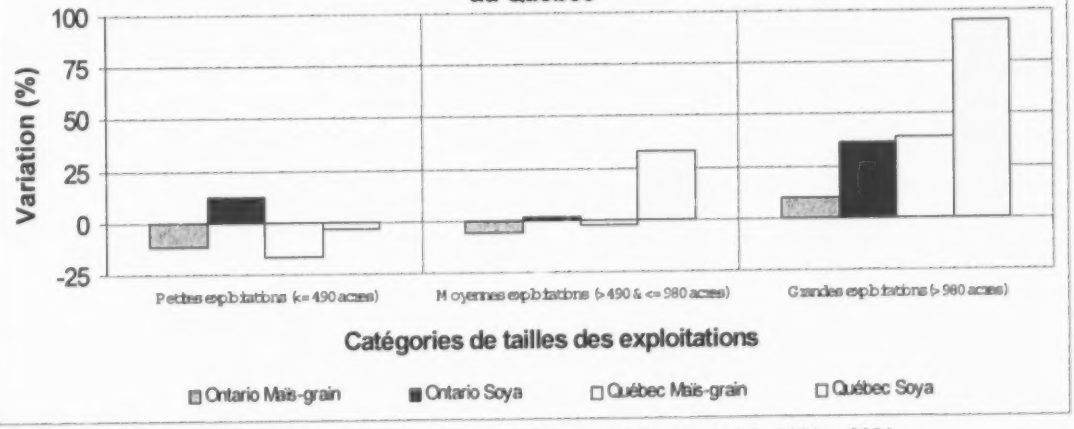
vue statistique pour les petites et grandes exploitations, indice que les cultures GM gagnent en popularité chez les agriculteurs, quelle que soit la catégorie de taille de leur exploitation.

La même tendance se dégage pour les exploitations américaines. À en juger par les résultats d'une enquête effectuée auprès de plus de 300 agriculteurs de l'Iowa, les cultures GM sont aujourd'hui plus en vogue chez ces agriculteurs, même si ce n'est pas pour des raisons économiques (M. Duffy et M. Ernest, 2000).

La proportion des petites et moyennes exploitations déclarant du soya GM par rapport à l'ensemble des exploitations GM a régressé. Par ailleurs, la proportion des grandes exploitations par rapport à l'ensemble des exploitations déclarant des cultures GM a accusé une hausse significative de 21,5 %.

La superficie totale de soya GM en Ontario a augmenté largement dans les catégories des petites (24,0 %) et grandes (45,5 %) exploitations. Même si les superficies ensemencées en maïs et en soya GM se sont accrues, la proportion de la superficie totale en cultures GM a régressé dans les petites et moyennes exploitations (figure 4).

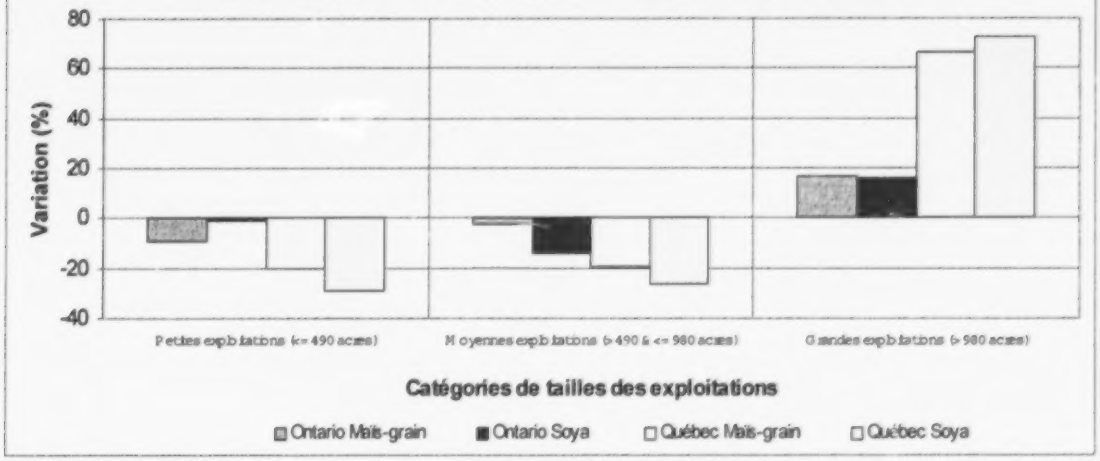
Figure 4
Variation entre 2000 et 2001, du nombre d'exploitations ayant cultivé les cultures GM, selon la taille des exploitations et par produit, en Ontario et au Québec



Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Les grandes exploitations ontariennes ont étendu leurs superficies de soya de 45,5 %. Elles ont aussi augmenté de 16,1 % la proportion de la superficie totale en cultures GM par rapport à toutes les autres catégories de taille. Les exploitations de toutes tailles ont contribué à la progression en 2001 des superficies de soya GM, mais les grandes exploitations sont responsables d'une bonne part de l'augmentation. Par rapport à l'an 2000, cette hausse dénote un intérêt plus vif de ces grandes exploitations pour les cultures GM (tableau 5, annexe 2, figure 5).

Figure 5
Variation entre 2000 et 2001, de la proportion des superficies GM, selon la taille des exploitations et par produit, en Ontario et au Québec



Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Au Québec, comme en Ontario, les superficies ensemencées en soya GM s'accroissent. Les grandes exploitations ont semé la plus grande proportion de l'augmentation des superficies GM, soit plus du double de ce qu'elles avaient cultivé en 2000. La tendance est semblable pour le maïs-grain (tableau 6, annexe 2, figure 5). Au Québec, les grandes exploitations détenaient la plus grande proportion des superficies en maïs-grain GM (38,6 %) et en soya GM (48,4 %). Depuis la campagne agricole de 2000, la part des superficies GM de ces grandes exploitations québécoises s'est élevée de 66,7 % pour le maïs-grain et de 77,2 % pour le soya (tableau 6, annexe 2).

Les données d'enquête de 2000 et 2001 révèlent que, en Ontario et au Québec, plus d'agriculteurs adoptent la technologie GM. Il semblerait également que plus les agriculteurs font l'expérience des cultures GM, plus l'intérêt des grandes exploitations s'avive pour le maïs-grain et le soya GM, intérêt qui n'était pas si évident dans les premières années d'introduction des SGM sur le marché. Le tableau était différent en 2000, année où les cultures GM étaient généralement privilégiées en grande partie par ce que l'on appellerait normalement les petites et moyennes exploitations. Si les grandes exploitations prennent le relais dans l'adoption de la technologie GM, cela peut s'interpréter comme le signe de la fin de l'étape expérimentale du mouvement d'adoption du maïs-grain et du soya GM.

Comparaisons selon les régions

Au Québec, on relève une hausse significative des superficies de maïs-grain GM dans deux régions (9 et 13) et une diminution effective dans les deux autres régions visées (4 et 7). Si le nombre total d'exploitations qui cultivent le maïs-grain GM a diminué légèrement, en revanche, le nombre d'exploitations GM s'est accru dans la région 9. Les superficies de soya GM étaient

en forte progression dans toutes les régions, mais plus encore dans la région 7 et plus particulièrement dans la région 9, où les superficies de soya GM ont plus que quadruplé de 2000 à 2001. Le nombre supérieur d'exploitations qui, en 2001 (9,0 % de plus qu'en 2000), cultivaient du soya GM au Québec explique en partie cette large progression des superficies de soya GM, celle-ci tenant aussi en grande partie à l'extension des superficies en 2001 par les agriculteurs qui semaient déjà du soya GM en 2000 (tableaux 8a et 8b, annexe 2).

En Ontario, l'augmentation des superficies de maïs-grain GM était principalement attribuable aux agriculteurs qui avaient semé du maïs-grain GM en 2000, ceux-ci ayant élargi leurs superficies GM. La superficie en soya GM s'est accrue en 2001 puisque de plus grandes suprtficies ont été ensemencées par les agriculteurs qui avaient déjà cultivé du soya GM en 2000 et par ceux qui ont cultivé le soya GM pour la première fois, plus particulièrement dans la région 4 (tableaux 7a et 7b, annexe 2).

Les coefficients de régression indiquent que, en Ontario, les superficies de maïs GM se sont accrues en fonction de l'augmentation des superficies totales de maïs-grain. Pour le maïs-grain ontarien, la tendance était la même que celle du soya québécois (tableau 9, annexe 2).

Comparaisons selon le rendement

Comparaisons des rendements des cultures GM et NGM

En général, l'Enquête sur les fermes de novembre de Statistique Canada révèle que, pour le maïs-grain comme pour le soya, les cultures GM ont donné un meilleur rendement que les cultures NGM. D'après les agriculteurs interrogés en 2001, le rendement des variétés de maïs-grain et de soya GM a été supérieur à celui des cultures NGM en Ontario et au Québec (tableaux 10a, 10b, 11a et 11b, annexe 2). Cette constatation valait pour toutes les catégories de taille des exploitations, la seule exception étant le maïs-grain cultivé dans les petites exploitations ontariennes (tableaux 14a et 14b, annexe 2).

En Ontario, les rendements du maïs-grain GM ont été semblables en 2000 et 2001, mais les rendements du maïs-grain NGM ont été inférieurs en 2001 par rapport à 2000 (tableau 10a, annexe 2). Le maïs-grain GM a donné 4,8 boisseaux de plus à l'acre que le maïs NGM en 2000 et 7,8 boisseaux de plus en 2001.

Au Québec, le rendement du maïs-grain GM a été de 18,7 boisseaux à l'acre plus élevé en 2001 par rapport à 2000. La campagne agricole de 2000 n'a pas été bonne pour le maïs-grain au Québec parce que le printemps a été sec et le temps, relativement frais et humide pendant le reste de la période de croissance. Le rendement du maïs-grain GM a été de 11,5 boisseaux à l'acre supérieur à celui du maïs NGM en 2000, mais en 2001 le maïs-grain NGM a été de 2,6 boisseaux à l'acre supérieur au maïs-grain GM (tableau 11b, annexe 2). Nous ne savons pas au juste pourquoi les rendements déclarés à l'enquête de 2001 ont été plus élevés pour le maïs-grain NGM que pour le maïs-grain GM. Les déclarations de l'Enquête sur les fermes de novembre 2001 indiquent aussi une variation considérable entre régions agricoles (tableaux 10a

et 10b, annexe 2). Il y a là de quoi étonner, surtout si on considère que, dans certaines régions, on a parlé de rendement plus élevé pour le maïs-grain NGM que pour le maïs-grain GM. Ces résultats sont peut-être liés à la réaction des variétés GM à des conditions culturales relativement sèches à mi-campagne.

Dans le cas du soya, la saison de croissance de 2001 a produit un des pires rendements jamais observés en Ontario. À la différence du maïs-grain ontarien cependant, le soya GM a été d'un meilleur rendement que le soya NGM tant en 2000 qu'en 2001, mais comme pour le maïs-grain, les différences étaient appréciables entre régions agricoles (tableau 11a, annexe 2).

Au Québec, les rendements du soya GM ont été comparables en 2000 et 2001. À l'échelle provinciale, les rendements en soya NGM ont été inférieurs de 1,8 boisseau à l'acre par rapport au soya GM en 2001, mais on relevait là encore des différences marquées entre régions. Le soya GM a toujours été d'un meilleur rendement à l'acre que le soya NGM, soit 1,6 boisseau de plus à l'acre en 2000 et 3,5 boisseaux en 2001.

Incidence des variétés GM sur la production provinciale de maïs-grain et de soya

En vue de mesurer l'incidence du maïs-grain GM sur les rendements moyens à l'échelle provinciale, nous avons comparé les rendements moyens des producteurs ayant semé uniquement du maïs-grain GM à ceux qui avaient cultivé et du maïs-grain GM et du maïs-grain NGM, ainsi qu'à ceux qui avaient semé seulement du maïs NGM.

Rendement du maïs-grain

On constate que, au Québec et en Ontario, les rendements moyens du maïs-grain à l'échelle provinciale chez (1) les agriculteurs semant du maïs-grain GM et (2) ceux qui ont semé du maïs-grain NGM et du maïs-grain GM ont dépassé les rendements des agriculteurs qui semaient seulement du maïs-grain NGM, et ce, aussi bien en 2000 qu'en 2001. La technologie GM semble avoir une incidence positive sur le rendement moyen par exploitation. L'observation est particulièrement intéressante, puisque les conditions de croissance du maïs-grain n'étaient pas du tout les mêmes en 2000 et 2001. En Ontario, elles avaient été franchement meilleures en 2000 qu'en 2001, alors que, au Québec, la campagne de 2001 a évidemment donné les meilleurs résultats (tableaux 12a et 12b, annexe 2).

Rendement du soya

En Ontario, les résultats indiquent que, dans l'ensemble des exploitations, la culture du soya a été en 2001 une des pires jamais observées dans toutes les régions ontariennes (tableau 13a, annexe 2). À l'échelle provinciale, les exploitations qui ont cultivé uniquement du soya GM ont obtenu de meilleurs rendements que les exploitations qui ont produit seulement du soya NGM. La différence s'établissait cette année-là à 1,9 boisseau à l'acre (tableau 13a).

Au Québec, les exploitations ayant produit uniquement du soya GM ont déclaré de meilleurs rendements en 2001 qu'en 2000 comparativement aux exploitations cultivant à la fois le

soya GM et le soya NGM et aux exploitations ne produisant que du soya NGM. Cette constatation vaut pour toutes les régions agricoles sauf pour la région 13 où, même si les rendements de la campagne agricole de 2001 étaient inférieurs à ceux de la campagne de 2000, la diminution restait moindre pour les exploitations produisant uniquement du soya GM (tableau 13b, annexe 2). En 2000 et 2001, les rendements ont été plus élevés dans les exploitations ne cultivant que du soya GM que dans celles qui cultivaient uniquement du soya NGM. L'écart était de 14,4 boisseaux à l'acre en 2001, mais en l'an 2000 où les conditions de croissance ont été moins optimales, une différence moindre avait été observée, soit 2,3 boisseaux à l'acre (tableau 13b, annexe 2).

On ne doit pas toujours s'attendre à des rendements supérieurs pour le maïs-grain et le soya GM. Le maïs-grain GM aura une influence sur le rendement selon les infestations de la pyrale. S'il n'y a guère de dégradation du maïs-grain NGM par la pyrale, l'avantage sera restreint sur le plan des rendements du maïs-grain GM. Pour le soya Roundup Ready, le désherbage est la principale préoccupation. Si on maîtrise la mauvaise herbe dans les champs de soya NGM sans nette dégradation des plantes par les herbicides, les cultures GM et les cultures NGM devraient donner des rendements comparables. Le rendement du soya GM devrait être meilleur seulement si la variété Roundup Ready et l'herbicide Roundup sont le meilleur moyen de s'attaquer à la mauvaise herbe. On a démontré que les variétés de maïs-grain GM ne sont peut-être pas économiques sauf en cas de forte infestation de pyrale (Mark Sears et Art Schaafsma, 2001).

Rendement par produit et selon la taille des exploitations

En 2001, le maïs-grain NGM a donné un meilleur rendement que le maïs-grain GM au Québec. Le contraire a été constaté en Ontario (tableau 14a, annexe 2). Le gros de la variation des rendements de maïs-grain a été observé dans les exploitations de taille moyenne dans les deux provinces.

Bien que la saison de croissance de 2001 ait été moins favorable, le soya GM a donné un meilleur rendement que le soya NGM (tableau 14b, annexe 2). Comme les rendements de maïs-grain, les rendements de soya ont grandement varié entre les exploitations de taille moyenne dans les deux provinces.

Conclusion et perspectives

De premières recherches semblent indiquer que les cultures GM ne sont pas garants de meilleurs rendements et que les agriculteurs pourraient ne pas toujours profiter d'avantages économiques des cultures GM. Selon l'Enquête sur les fermes de Statistique Canada, les superficies ensemencées en variétés GM de maïs-grain et de soya se sont accrues au Québec et en Ontario. Cette augmentation s'explique tant par les décisions d'extension de cultures GM de producteurs GM existants que par les décisions de première utilisation de variétés GM par des agriculteurs n'ayant jamais cultivé de variétés GM. La progression des superficies a été appréciable dans le cas du soya, notamment au Québec. Les premiers à adopter le maïs-grain et le soya GM ont été en grande partie les petits exploitants, mais les grandes exploitants semblent avoir vite pris acte de ce qui se présente comme un fécond courant d'innovation. Les grandes exploitations ont surveillé les résultats de l'adoption de la technologie GM par les exploitations de petite taille.

Elles ont elles-mêmes ensemencé de grandes superficies en variétés GM et elles rendent compte aujourd'hui d'une importante proportion de la production agricole GM.

Les données de l'Enquête sur les fermes de novembre de Statistique Canada indiquent que, en général, le soya et le maïs-grain GM ont donné un meilleur rendement que le soya et le maïs-grain NGM, mais la technologie GM n'est pas synonyme de rendement supérieur et, dans certaines conditions, les variétés GM pourraient produire un rendement inférieur aux autres variétés. Elles semblent avoir une incidence positive sur les rendements du maïs-grain et du soya.

Il sera bon d'analyser cette tendance à long terme et d'en étudier plus profondément les conséquences économiques sur l'agriculture. À mesure que les cultures GM gagneront en popularité ces prochaines années, on aura intérêt à recueillir des données sur des aspects comme :

- les motifs d'adoption de la technologie GM;
- les coûts et rendements nets des cultures GM;
- la réduction éventuelle de l'utilisation de pesticides grâce à ces cultures;
- les prix des variétés GM par rapport à ceux des autres variétés;
- les caractéristiques des débouchés du maïs et du soya GM.

Remerciements

J'aimerais remercier Mike Trant, Rick Burroughs, Dave Roeske et Oliver Code, Tom Vradenburg ainsi que Julie Saumure et Mélanie Lefebvre pour leurs observations utiles et pour les révisions qu'ils ont proposées à ce texte. Je suis également redevable à Owen Phillips, de la Division des méthodes d'enquêtes sociales, de l'aide qu'il m'a apportée dans l'analyse des données ainsi que pour les aspects méthodologiques. J'aimerais enfin remercier Daniel Bergeron pour ses travaux fort utiles de vérification des données.

Bibliographie

Agriweek 15 January 2001 [Winnipeg].

Babubhai V.Shah and all., 1997. "SUDAAN: Software for Statistical Analysis of correlated Data", User's Manual, Vol. 1, pp.3.34.

Benbrook , Charles, 2001. "When Does It Pay to Plant Bt Corn: Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn, 1996-2001", Benbrook Consulting Services, former Executive Director of the National Academy of Science Board of Agriculture, USA.

Duffy, M. and Ernest, M., 2000. "Does planting GMO seed boost farmers' profits?", Leopold Center for Sustainable Agriculture, Iowa State University.
http://www.ag.iastate.edu/centers/leopold/newsletter/99-3leoletter/99-3gmoduffy.html

Economic Research Service, 2001. "Economic Issues in Agricultural Biotechnology: Farm-Level Effects of Adopting Genetically Engineered Crops", USDA, Information Bulletin No. 762, pp.13,
http://www.ers.usda.gov/publications/aib762.

Mark Sears and Art Schaafsma, 2001. "Responsible Deployment of Bt Corn Technology in Ontario", Canadian Food Inspection Agency, Plant Health and Production Division, Plant Biosafety Office,
http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbo/bt/btcormai2e.shtml.

Rautenberg, Oliver, 2000. "Aventis recalls this year GMO-grain corn StarLink harvest," [TR: sic] Bioscope, Biothec & Genetech Information,
http://www.bio-scope.com.case57e.htm.

Saxena, D., Flores,S. and Stotziky, G. 1999. "Transgenic Plants: Insecticidal Toxine in Root Exudates From Bt Corn", Nature, 402:480

William Lin, Gregory K.Price and Jorge Fernadez-Cornejo, 2001a. "Estimating Farm-Level Effects of Adopting of Herbicide-Tolerant Soybeans", Economic Research Service, USDA,
http://www.ers.usda.gov/briefing/biotechnology/readings.htm.

William Lin, gregory K. Price, and Edward Allen, 2001b. "Starlink: Impacts on the U.S. Corn Market and World Trade", Economic Research Service, USDA, http://www.ers.usda.gov/briefing/biotechnology/readings.htm.

Mendelsohn, M., 2001. "*Bacillus thuringiensis* subspecies *Tolworthi* Cry9C Protein and the Genetic Material Necessary for Its Production in Corn", Biopesticides Fact Sheet, United States Environmetal Protection Agency (EPA)
http://www.epa.gov.oppbppd1.biopesticides/factsheets/fs006466t.htm.

Roberts, G., Kovacevic, M., Mantel, H., Phillips, O., 2001. "Cross-sectional inference based on longitudinal surveys: Some experiences with Statistics Canada Surveys. To appear in *Proceedings of the 2001 Federal Committee on Statistical Methodology research conference.*

ANNEXE 1. Formules de calcul de la variance

Variance de la différence entre les totaux

Nous avons établi de la manière suivante les estimations de variance pour la variation 2000-2001 :

Nous avons ainsi procédé à l'estimation d'un $\hat{y}_t$ total (superficie ou nombre d'exploitations) pour une campagne agricole quelconque t[6] :

$$\hat{Y}_t = \sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, y_{thk}(d)$$

où $y_{thk}(d) = \begin{cases} y_{thk} & \text{si l'exploitation } k \text{ de la strate } h \text{ appartient au domaine } d \\ 0 & \text{dans les autres cas} \end{cases}$

et où w_{thk} représente la valeur corrigée de pondération de l'exploitation k sur n_h exploitations dans la strate h sur L strates.

Nous estimons la variance de $\hat{Y}_1 - \hat{Y}_2$ par $\hat{V}(\hat{Y}_1 - \hat{Y}_2) = \hat{V}(\hat{Y}_1) + \hat{V}(\hat{Y}_2) - 2Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2)$

où $\hat{V}(\hat{Y}_t) = \sum_{h=1}^{L}\left(1 - \frac{n_{th}}{N_{th}}\right)\frac{n_{th}}{n_{th}-1}\sum_{k=1}^{n_{th}}(w_{thk}\, y_{thk}(d) - \overline{y}_{th}(d))^2$, n^e représentant

$$\overline{y}_{th}(d) = \frac{1}{n_{th}}\sum_{k=1}^{n_{th}} w_{thk}\, y_{thk}(d),$$

$$Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2) = \sum_{h=1}^{L}\left(1 - \frac{n_h^*}{\min(N_{1h}, N_{2h})}\right)\frac{n_h^*}{n_h^* - 1}\sum_{k=1}^{n_h^*}(w_{1hk}\, y_{1hk}(d) - \overline{y}_{1h}^*(d))(w_{2hk}\, y_{2hk}(d) - \overline{y}_{2h}^*(d)),$$

$$\overline{y}_{th}^*(d) = \frac{1}{n_h^*}\sum_{k=1}^{n_h^*} w_{thk}\, y_{thk}(d),$$

et n_h^* représentant le chevauchement des deux échantillons.

Variance de la différence entre les rapports

Nous estimons le rapport pour la période t par $\hat{R}_t = \frac{\hat{Y}_t}{\hat{X}_t} = \frac{\sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, y_{thk}(d)}{\sum_{h=1}^{L}\sum_{k=1}^{n_h} w_{thk}\, x_{thk}(d)}$,

---

[6] Formules adaptées qui ont été tirées par Milorad Kovacevic et Owen Phillips de la méthodologie exposée dans Roberts et coll. (2001) en fonction d'un échantillon permanent en renouvellement. Les intéressés sont des spécialistes des méthodes de la Division des méthodes d'enquêtes sociales (DMES) de Statistique Canada.

où $y_{thk}(d) = \begin{cases} y_{thk} & \text{si l'exploitation } hk \text{ appartient au domaine } d \\ 0 & \text{dans les autres cas} \end{cases}$

et $x_{thk}(d) = \begin{cases} x_{thk} & \text{si l'exploitation } hk \text{ appartient au domaine } d \\ 0 & \text{dans les autres cas} \end{cases}$

Comme le numérateur et le dénominateur sont tous deux des estimations d'échantillon, nous avons procédé par la linéarisation de Taylor pour approcher la variance de la variation de rapports.

Nous dégageons alors une approximation de la variance de $\hat{R}_1 - \hat{R}_2$ par $\hat{V}(\hat{Z}_1 - \hat{Z}_2)$

où $\hat{Z}_t = \sum_{h=1}^{L} \sum_{k=1}^{n_{th}} w_{thk} z_{thk}(d)$,

et $z_{thk}(d) = \dfrac{(y_{thk}(d) - \hat{R}_t x_{thk}(d))}{\hat{X}_t}$.

Nous estimons la variance par $\hat{V}(\hat{Z}_1 - \hat{Z}_2) = \hat{V}(\hat{Z}_1) + \hat{V}(\hat{Z}_2) - 2Cov(\hat{Z}_1, \hat{Z}_2)$

où $\hat{V}(\hat{Z}_t) = \sum_{h=1}^{L} \left(1 - \dfrac{n_{th}}{N_{th}}\right) \dfrac{n_{th}}{n_{th} - 1} \sum_{k=1}^{n_{th}} (w_{thk} z_{thk}(d) - \bar{z}_{th}(d))^2$,

$\bar{z}_{th}(d) = \dfrac{1}{n_{th}} \sum_{k=1}^{n_{th}} w_{thk} z_{thk}(d)$,

$Cov(\hat{Z}_1, \hat{Z}_2) = \sum_{h=1}^{L} \left(1 - \dfrac{n_h^*}{\min(N_{1h}, N_{2h})}\right) \dfrac{n_h^*}{n_h^* - 1} \sum_{k=1}^{n_h^*} (w_{1hk} z_{1hk}(d) - \bar{z}_{1h}^*(d))(w_{2hk} z_{2hk}(d) - \bar{z}_{2h}^*(d))$,

et $\bar{z}_{th}^*(d) = \dfrac{1}{n_h^*} \sum_{k=1}^{n_h^*} w_{thk} z_{thk}(d)$.

ANNEXE 2. Tableaux de référence

Tableau 5. Évolution des exploitations selon leur taille et par produit en Ontario

Paramètres	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Nombre d'exploitations GM <= 490 acres	5 429	4 807	-11,5	2,23	**	4 391	4 918	12,0	1,86	**
Nombre d'exploitations GM > 490 à <= 980 acres	1 220	1 149	-5,8	0,84	ns	916	932	1,7	0,18	ns
Nombre d'exploitations GM > 980 acres	605	666	10,1	1,55	*	433	590	36,3	4,16	***
Nombre d'exploitations NGM <= 490 acres	9 615	8 874	-7,7	2,06	**	10 674	9 476	-11,2	3,48	***
Nombre d'exploitations NGM > 490 à <= 980 acres	1 441	1 387	-3,7	0,49	ns	1 659	1 593	-3,9	0,62	ns
Nombre d'exploitations NGM > 980 acres	473	524	11,0	1,09	ns	692	573	-17,2	2,32	**
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations <= 490 acres (rapport de nombre d'exploitations)	36,1	35,1	-2,6	0,54	ns	29,1	34,2	17,2	2,9	***
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations > 490 à <= 980 acres	45,9	45,3	-1,2	0,19	ns	35,6	36,9	3,7	0,5	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations > 980 acres	56,2	56,0	-0,4	0,06	ns	38,5	50,7	31,9	4,0	***
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (<= 490 acres) et le nombre total d'exploitations GM	74,8	72,6	-3,0	1,54	*	76,5	76,4	-0,2	0,1	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (> 490 à <= 980 acres) et le nombre total d'exploitations GM	16,8	17,4	3,2	0,42	ns	16,0	14,5	-9,4	1,1	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (> 980 acres) et le nombre total d'exploitations GM	8,3	10,1	20,6	2,62	***	7,5	9,2	21,5	2,3	**
Rapport entre le nombre total d'exploitations (<= 490 acres) et le nombre total d'exploitations	80,1	78,6	-1,9	2,02	**	80,3	79,6	-0,8	1,0	ns
Rapport entre le nombre total d'exploitations (> 490 à <= 980 acres) et le nombre total d'exploitations	14,2	14,6	2,8	0,58	ns	13,7	14,0	1,8	0,4	ns
Rapport entre le nombre total d'exploitations (> 980 acres) et le nombre total d'exploitations	5,7	6,8	19,2	3,53	***	6,0	6,4	7,3	1,4	*
Nombre total d'acres des exploitations GM <= 490 acres	240 033	242 048	0,8	0,13	ns	201 595	250 247	24,1	2,99	***
Nombre total d'acres des exploitations GM > 490 à <= 980 acres	118 170	127 773	8,1	0,95	ns	103 981	112 342	8,0	0,69	ns
Nombre total d'acres des exploitations GM > 980 acres	152 782	198 754	30,1	3,14	***	101 646	147 894	45,5	4,11	***
Nombre moyen d'acres GM des exploitations <= 490 acres	44	50	13,9	3,18	***	46	51	10,8	2,22	**
Nombre moyen d'acres GM des exploitations > 490 à <= 980 acres	97	111	14,8	2,48	***	113	121	6,3	0,70	ns
Nombre moyen d'acres GM des exploitations > 980 acres	252	298	18,2	2,41	***	235	251	6,8	0,85	ns
Rapport entre la superficie des exploitations GM (<= 490 acres) et la superficie totale des exploitations GM	47,0	42,6	-9,4	2,09	**	49,5	49,0	-1,0	0,2	ns
Rapport entre la superficie des exploitations GM (> 490 à <= 980 acres) et la superficie totale des exploitations GM	23,1	22,5	-2,8	0,37	ns	25,5	22,0	-13,8	1,5	*
Rapport entre la superficie des exploitations GM (> 980 acres) et la superficie totale des exploitations GM	29,9	35,0	16,9	2,38	***	25,0	29,0	16,1	1,9	**

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 6. Évolution des exploitations selon leur taille et par produit au Québec

Paramètres	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Nombre d'exploitations GM <= 490 acres	2 382	1 988	-16,5	2,30	**	696	672	-3,5	0,23	ns
Nombre d'exploitations GM > 490 à <= 980 acres	559	544	-2,8	0,30	ns	168	223	32,8	1,77	**
Nombre d'exploitations GM > 980 acres	197	274	39,1	1,64	*	76	148	94,8	1,96	**
Nombre d'exploitations NGM <= 490 acres	3 530	3 663	3,8	0,65	ns	2 483	2 263	-8,8	1,44	*
Nombre d'exploitations NGM> 490 à <= 980 acres	531	523	-1,5	0,12	ns	537	534	-0,7	0,06	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations <= 490 acres (rapport de nombre d'exploitations)	40,3	35,2	-12,7	1,90	**	21,9	22,9	4,5	0,31	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations > 490 à <= 980 acres	51,3	51,0	-0,7	0,08	ns	23,8	29,5	23,8	1,40	*
Rapport entre le nombre d'exploitations GM et le nombre total d'exploitations > 980 acres	63,5	61,3	-3,4	0,30	ns	33,4	43,5	30,2	1,28	*
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (<= 490 acres) et le nombre total d'exploitations GM	75,9	70,9	-6,6	2,17	**	74,0	64,4	-13,0	2,12	**
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (> 490 à <= 980 acres) et le nombre total d'exploitations GM	17,8	19,4	8,7	0,82	ns	17,9	21,4	19,7	1,03	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations GM (> 980 acres) et le nombre total d'exploitations GM	6,3	9,8	55,5	2,19	**	8,1	14,2	75,5	1,84	**
Rapport entre le nombre d'exploitations NGM (<= 490 acres) et le nombre total d'exploitations	80,8	78,9	-2,4	1,72	**	77,3	72,8	-5,9	2,60	***
Rapport entre le nombre d'exploitations NGM (> 490 à <= 980 acres) et le nombre total d'exploitations	14,9	14,9	-0,1	0,02	ns	17,1	18,8	9,4	1,07	ns
Rapport entre le nombre d'exploitations NGM (> 980 acres) et le nombre total d'exploitations	4,2	6,2	46,9	2,97	***	5,5	8,5	52,5	2,67	***
Nombre total d'acres des exploitations GM <= 490 acres	124 589	129 358	3,8	0,42	ns	25 789	29 686	15,1	0,90	ns
Nombre total d'acres des exploitations GM > 490 à <= 980 acres	75 048	78 521	4,6	0,44	ns	15 871	19 062	20,1	1,14	ns
Nombre total d'acres des exploitations GM > 980 acres	60 068	130 494	117,2	1,42	*	16 276	45 700	180,8	1,20	ns
Nombre moyen d'acres GM des exploitations <= 490 acres	52	65	24,4	3,8	***	37	44	19,3	2,3	**
Nombre moyen d'acres GM des exploitations > 490 à <= 980 acres	134	144	7,6	0,8	ns	94	85	-9,6	0,7	ns
Nombre moyen d'acres GM des exploitations > 980 acres	305	476	56,2	1,3	*	214	308	44,2	0,8	ns
Rapport entre la superficie des exploitations GM (<= 490 acres) et la superficie totale des exploitations GM	48,0	38,2	-20,3	1,6	*	44,5	31,4	-29,4	1,3	ns
Rapport entre la superficie des exploitations GM (> 490 à <= 980 acres) et la superficie totale des exploitations GM	28,9	23,2	-19,7	1,3	*	27,4	20,2	-26,3	1,0	ns
Rapport entre la superficie des exploitations GM (> 980 acres) et la superficie totale des exploitations GM	23,1	38,6	66,7	1,6	*	28,1	48,4	72,2	1,3	ns

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 7a. Évolution de la superficie GM selon les régions agricoles en Ontario

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Région 1	234 277	254 409	8,6	1,36	*	216 497	275 057	27,0	3,21	***
Région 2	162 902	193 195	18,6	2,25	**	117 459	138 371	17,8	1,92	**
Région 3	59 327	62 708	5,7	0,48	ns	44 387	48 542	9,4	0,76	ns
Région 4	53 856	58 158	8,0	0,74	ns	27 416	47 861	74,6	4,33	***

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 7b. Évolution du nombre d'exploitations GM selon les régions agricoles en Ontario

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Région 1	3 111	2 836	-8,8	1,41	*	3 166	3 380	6,8	0,98	ns
Région 2	2 576	2 357	-8,5	1,21	ns	1 595	1 782	11,7	1,21	ns
Région 3	771	670	-13,1	1,38	*	469	498	6,2	0,44	ns
Région 4	787	756	-3,9	0,38	ns	479	748	56,2	3,61	***

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 8a. Évolution de la superficie GM selon les régions agricoles au Québec

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Région 4	37 923,1	28 961	-23,6	1,82	**	13 767	14 565	5,8	0,27	ns
Région 7	16 316	13 721	-15,9	1,05	ns	5 220	9 193	76,1	2,62	***
Région 9	3 965	7 319	84,6	1,81	**	1 170	6 218	431,5	2,34	***
Région 13	190 732	281 146	47,4	1,80	**	37 354	63 132	69,0	1,05	ns

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 8b. Évolution du nombre d'exploitations GM selon les régions agricoles au Québec

	Maïs-grain					Soya				
	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P	2000	2001	Variation	Test T	Valeur P
Région 4	510	450	-11,8	0,67	ns	208	220	5,8	0,26	ns
Région 7	229	188	-17,9	1,10	ns	61	116	90,2	2,06	**
Région 9	63	92	46,0	0,99	ns	25	44	76,0	1,46	*
Région 13	2 029	1 903	-6,2	0,71	ns	630	630	0,0	0,01	ns

Test T : valeur du test T de Student
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 9. Régression de la différence entre les superficies GM de 2001 et 2000 par rapport à la différence entre les superficies NGM de 2001 et 2000 pour les exploitations ayant des cultures GM de maïs-grain et/ou de soya pendant les campagnes agricoles de 2001 et de 2000

Province	Cultures	Variable dépendante	Moyenne pondérée de la variable dépendante (acres)	Variable indépendante et effet	BÊTA	ET	T : BÊTA=0	Valeur P
Ontario	Maïs-grain	$d260_{01-00}$	14,9 (17,9)	Valeur à l'origine	7,75	3,15	2,46	**
				$d216_{01-00}$	0,40	0,06	6,25	***
	Soya	$d261_{01-00}$	-18,05 (-1,8)	Valeur à l'origine	-17,93	4,49	3,99	***
				$d228_{01-00}$	0,07	0,15	0,43	ns
Québec	Maïs-grain	$d260_{01-00}$	5,4 (-6,2)	Valeur à l'origine	9,59	8,31	1,15	ns
				$d216_{01-00}$	0,68	0,47	1,43	ns
	Soya	$d261_{01-00}$	-20,5 (-21,5)	Valeur à l'origine	3,37	9,70	0,35	ns
				$d261_{01-00}$	1,11	0,45	2,47	**

$d260_{01-00}$: superficie de maïs-grain GM en 2001 - superficie correspondante en 2000
$d261_{01-00}$: superficie de soya GM en 2001 - superficie correspondante en 2000
$d216_{01-00}$: superficie de maïs-grain NGM en 2001 - superficie correspondante en 2000
$d228_{01-00}$: superficie de soya NGM en 2001 - superficie correspondante en 2000
BÊTA : coefficient de régression
T : BÊTA : test T de Student
ET : erreur-type
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 10a. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) du maïs-grain GM et du maïs-grain NGM, selon les régions en Ontario

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2001
Province:	GM	109,0	109,1	0,1	4,8	7,8
	NGM	104,2	101,3	-2,9		
	moyenne	**105,6**	**103,4**	**-2,2**		
Région 1[11]	GM	118,4	111,2	-7,2	4,6	11,0
	NGM	113,8	100,2	-13,6		
Région 2	GM	108,1	112,4	4,3	7,1	4,9
	NGM	101,0	107,5	6,5		
Région 3	GM	98,6	90,2	-8,4	2,0	10,1
	NGM	96,6	80,1	-16,5		
Région 4	GM	90,9	106,0	15,1	9,2	3,5
	NGM	81,7	102,5	20,8		

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

[11] Grandes régions productrices de maïs-grain en Ontario et au Québec :

Ontario		Québec	
Région n°	Nom	Région n°	Nom
1	Sud de l'Ontario	4	Mauricie-Bois-Francs
2	Ouest de l'Ontario	7	Lanaudière
3	Centre de l'Ontario	9	Laurentides
4	Est de l'Ontario	13	Montérégie

Tableau 10b. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) du maïs-grain GM et du maïs-grain NGM, selon les régions au Québec

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2001
Province	GM	101,2	119,9	18,7	**11,5**	**-2,6**
	NGM	89,7	122,5	32,8		
	moyenne	**95,6**	**121,9**	**26,3**		
Région 4	GM	81,9	132,8	50,9	6,0	6,1
	NGM	75,9	126,7	50,8		
Région 7	GM	80,9	105,4	24,5	3,2	-7,1
	NGM	77,7	112,5	34,8		
Région 9	GM	91,7	89,8	-1,9	22,8	5,5
	NGM	68,9	84,3	15,4		
Région 13	GM	105,6	120,1	14,5	7,9	-6,7
	NGM	97,7	126,8	29,1		

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 11a. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) du soya GM et du soya NGM, selon les régions en Ontario

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2001
Province	GM	39,0	21,7	-17,3	**1,0**	**0,8**
	NGM	38,0	20,9	-17,1		
	moyenne	**38,0**	**20,9**	**-17,1**		
Région 1[11]	GM	40,7	21,3	-19,4	1,1	0,8
	NGM	39,6	20,5	-19,1		
Région 2	GM	37,2	22,5	-14,7	-0,3	1,8
	NGM	37,5	20,7	-16,8		
Région 3	GM	38,5	16,5	-22,0	8,5	0,0
	NGM	30,0	16,5	-13,5		
Région 4	GM	35,1	26,3	-8,8	0,9	-1,7
	NGM	34,2	28,0	-6,2		

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

[11] Grandes régions productrices de soya en Ontario et au Québec :

Ontario		Québec	
Région n°	Nom	Région n°	Nom
1	Sud de l'Ontario	4	Mauricie-Bois-Francs
2	Ouest de l'Ontario	7	Lanaudière
3	Centre de l'Ontario	9	Laurentides
4	Est de l'Ontario	13	Montérégie

Tableau 11b. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) du soya GM et du soya NGM, selon les régions au Québec

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2001
Province	GM	38,6	38,7	0,1	1,6	3,5
	NGM	37,0	35,2	-1,8		
	Moyenne	**37,5**	**35,6**	**-1,9**		
Région 4	GM	33,4	42,0	8,6	5,0	5,5
	NGM	28,4	36,5	8,1		
Région 7	GM	36,5	33,4	-3,1	-1,5	-1,1
	NGM	38,0	34,5	-3,5		
Région 9	GM	28,8	27,3	-1,5	-3,5	-1,2
	NGM	32,3	28,5	-3,8		
Région 13	GM	40,5	40,6	0,1	-0,5	5,3
	NGM	41,0	35,3	-5,7		

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 12a. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) de maïs-grain en fonction du rendement global des exploitations en Ontario

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2001
Province[7]	NGM et GM	107,2	109,6	2,4	-2,4	-1,8
	GM	104,8	107,8	3,0	2,6	10,2
	NGM	102,2	97,6	-4,6	5,0	12,0
Région 1	NGM et GM	116,6	114,5	-2,1	-8,2	-7,8
	GM	108,4	106,7	-1,7	-4,8	11,5
	NGM	113,2	95,2	-18,0	3,4	19,3
Région 2	NGM et GM	107,0	114,9	7,9	0,3	2,8
	GM	107,3	117,7	10,4	9,5	13,5
	NGM	97,8	104,2	6,4	9,2	10,7
Région 3	NGM et GM	99,9	77,8	-22,1	1,0	10,2
	GM	100,9	88,0	-12,9	13,0	14,4
	NGM	87,9	73,6	-14,3	12,0	4,2
Région 4	NGM et GM	85,8	100,2	14,4	-0,7	-40,9
	GM	85,1	59,3	-25,8	4,7	-40,7
	NGM	80,4	100,0	19,6	5,4	0,2

[7]: On trouvera respectivement aux première, deuxième et troisième lignes les différences de rendement entre les exploitations GM et les exploitations GM et NGM, entre les cultures GM et NGM et entre les cultures GM et NGM à la fois et les cultures NGM. Il en va de même aux tableaux 12a, 12b, 13a et 13b.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 12b. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) de maïs-grain en fonction du rendement global des exploitations au Québec

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2000	Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2001
Province	NGM et GM	96,8	122,5	25,7	0,5	0,3
	GM	97,3	122,8	25,5	**13,1**	**4,0**
	NGM	84,2	118,8	34,6	**12,6**	**3,7**
Région 4	NGM et GM	78,8	124,8	46,0	10,9	17,9
	GM	89,7	142,7	53,0	**17,1**	**17,6**
	NGM	72,6	125,1	52,5	**6,2**	**-0,3**
Région 7	NGM et GM	83,8	105,0	21,2	1,9	-10,0
	GM	85,7	95,0	9,3	**5,7**	**-20,0**
	NGM	80,0	115,0	35,0	**3,8**	**-10,0**
Région 9	NGM et GM	95,3	83,8	-11,5	-17,0	-
	GM	78,3	0,0	-	**3,9**	-
	NGM	74,4	83,5	9,1	**20,9**	**0,3**
Région 13	NGM et GM	102,8	125,7	22,9	2,8	-3,3
	GM	105,6	122,4	16,8	**13,1**	**-0,1**
	NGM	92,5	122,5	30,0	**10,3**	**3,2**

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 13a. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) de soya en fonction du rendement global des exploitations en Ontario

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2000	Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2001
Province	NGM et GM	38,1	21,6	-16,5	0,6	2,0
	GM	38,7	23,6	-15,1	**0,6**	**1,9**
	NGM	38,1	21,7	-16,4	**0,0**	**-0,1**
Région 1	NGM et GM	40,2	20,3	-19,9	0,4	2,7
	GM	40,6	23,0	-17,6	**1,2**	**2,0**
	NGM	39,4	21,0	-18,4	**0,8**	**-0,7**
Région 2	NGM et GM	36,6	21,9	-14,7	1,0	3,3
	GM	37,6	25,2	-12,4	**-1,0**	**3,0**
	NGM	38,6	22,2	-16,4	**-2,0**	**-0,3**
Région 3	NGM et GM	32,1	17,0	-15,1	3,9	-2,2
	GM	36,0	14,8	-21,2	**5,2**	**-3,1**
	NGM	30,8	17,9	-12,9	**1,3**	**-0,9**
Région 4	NGM et GM	35,4	29,4	-6,0	-1,3	-1,9
	GM	34,1	27,5	-6,6	**-0,1**	**-0,5**
	NGM	34,2	28,0	-6,2	**1,2**	**1,4**

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 13b. Comparaison des rendements moyens (boisseaux / acre) de soya en fonction du rendement global des exploitations au Québec

Niveau d'analyse	Groupe	2000	2001	**Différence entre 2001 et 2000**	**Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2000**	**Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2001**
Province	NGM et GM	40,4	30,6	-9,8	-0,9	19,2
	GM	39,5	49,8	10,3	**2,3**	**14,4**
	NGM	37,2	35,4	-1,8	**3,2**	**-4,8**
Région 4	NGM et GM	32,2	39,6	7,4	3,4	1,7
	GM	35,6	41,3	5,7	**4,2**	**5,1**
	NGM	31,4	36,2	4,8	**0,8**	**3,4**
Région 7	NGM et GM	47,5	21,0	-26,5	-9,8	17,6
	GM	37,7	38,6	0,9	**-2,0**	**0,8**
	NGM	39,7	37,8	-1,9	**7,8**	**-16,8**
Région 9	NGM et GM	40,2	21,1	-19,1	-13,4	13,6
	GM	26,8	34,7	7,9	**-7,7**	**6,9**
	NGM	34,5	27,8	-6,7	**5,7**	**-6,7**
Région 13	NGM et GM	40,9	33,6	-7,3	0,3	5,9
	GM	41,2	39,5	-1,7	**0,0**	**4,3**
	NGM	41,2	35,2	-6,0	**-0,3**	**-1,6**

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 14a. Évolution des rendementsde maïs-grain GM et NGM, par province et selon la taille des exploitations

Taille des exploitations	Rendement de maïs GM (boisseaux / acre)			Rendement de maïs NGM (boisseaux / acre)			Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2000		Différence de rendement entre le maïs-grain GM et le maïs-grain NGM en 2001	
	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000				
Québec										
Exploitations <= 490 acres	100,1	119,9	19,8	92,9	121,1	28,2	7,2	2,01 **	-1,2	0,34 ns
Exploitations > 490 à <= 980 acres	107,1	116,0	8,9	90,5	119,7	29,2	16,6	1,82 *	-3,7	0,69 ns
Exploitations > 980 acres	102,1	124,1	22,0	90,4	128,3	37,9	11,7	1,22 ns	-4,2	0,69 ns
Ontario										
Exploitations <= 490 acres	110,0	111,9	1,9	106,7	103,7	-3,0	3,3	1,87 *	8,2	2,65 ***
Exploitations > 490 à <= 980 acres	109,7	111,9	2,2	102,6	101,1	-1,5	7,1	2,46 **	10,8	2,33 **
Exploitations > 980 acres	109,0	104,1	-4,9	102,7	96,8	-5,9	6,3	1,54 ns	7,3	1,84 *

*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

Tableau 14b. Évolution des rendements de soya GM et NGM, par province et selon la taille des exploitations

Taille des exploitations	Rendement de soya GM (boisseaux / acre)			Rendement de soya NGM (boisseaux / acre)			Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2000		Différence de rendement entre le soya GM et le soya NGM en 2001	
	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000	2000	2001	Différence entre 2001 et 2000				
Québec										
Exploitations <= 490 acres	39,6	37,3	-2,3	37,9	35,8	-2,1	1,7	1,01 ns	1,5	0,72 ns
Exploitations > 490 à <= 980 acres	37,4	37,5	0,1	37,0	34,3	-2,7	0,4	0,28 ns	3,2	1,85 *
Exploitations > 980 acres	38,1	38,1	0,0	34,9	35,4	0,5	3,2	0,65 ns	2,7	1,69 *
Ontario										
Exploitations <= 490 acres	38,9	22,3	-16,6	39,2	21,9	-17,3	-0,3	0,33 ns	0,4	0,66 ns
Exploitations > 490 à <= 980 acres	41,1	22,0	-19,1	39,0	20,5	-18,5	2,1	0,76 ns	1,5	1,51 ns
Exploitations > 980 acres	37,5	20,4	-17,1	35,3	19,4	-15,9	2,2	1,79 *	1,0	1,05 ns

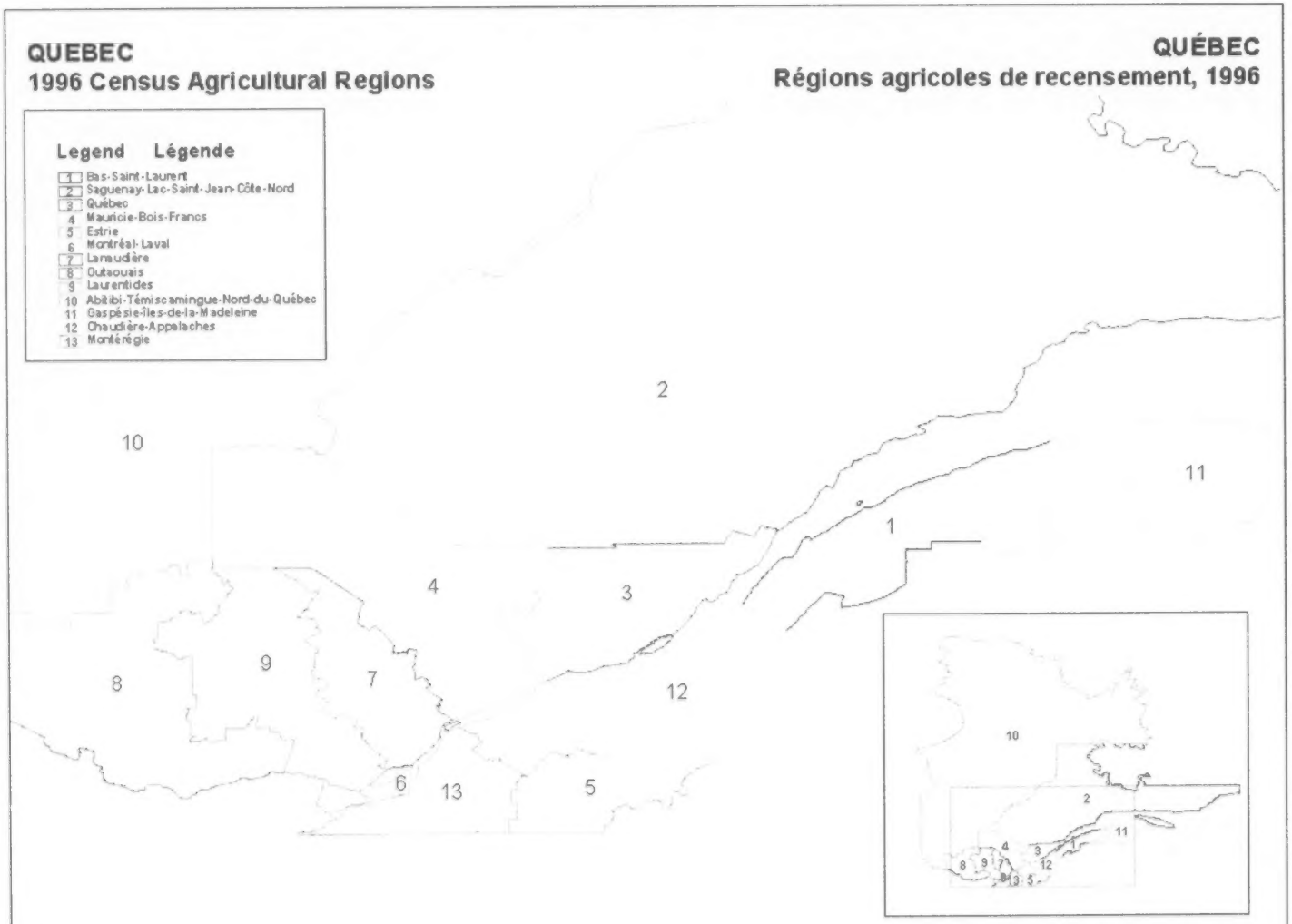
*** : significativement différent à 1 %; ** : significativement différent à 5 %; * : significativement différent à 10 %; ns : non significatif.

Source : Statistique Canada, Division de l'agriculture, estimations calculées à partir de données tirées des Enquêtes sur les fermes de juin 2000 et 2001.

ANNEXE 3. Régions agricoles de l'Ontario et du Québec (Recensement de l'agriculture de 1996)

QUEBEC
1996 Census Agricultural Regions

QUÉBEC
Régions agricoles de recensement, 1996



Source: 1996 Census of Agriculture, Agriculture, Division, Statistics Canada

Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Division de l'agriculture, Statistique Canada

ONTARIO

1996 Census Agricultural Regions

ONTARIO

Régions agricoles de recensement, 1996

LEGEND	LÉGENDE
1 Southern Ontario Region	Région du Sud de l'Ontario
2 Western Ontario Region	Région de l'Ouest de l'Ontario
3 Central Ontario Region	Région du Centre de l'Ontario
4 Eastern Ontario Region	Région de l'Est de l'Ontario
5 Northen Ontario Region	Région du Nord de l'Ontario

Source: 1996 Census of Agriculture, Agriculture Division, Statistics Canada

Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Division de l'agriculture, Statistique Canada

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural

(* Disponible à l'adresse http://dissemination.statcan.ca/français/IPS/Data/21-601-MIF.htm)

N° 1	(21-601-MPF80001)	**Description de la méthode Theil de prévision de l'erreur quadratique moyenne pour la statistique agricole (1980)**, Stuart Pursey
N° 3	(21-601-MPF81003)	**Examen du Projet de l'estimation du bétail et recommandations de mesures à prendre (1981)**, Bernard Rosien et Elizabeth Leckie
N° 4	(21-601-MPF84004)	**Le secteur canadien des oléagineux : vue d'ensemble (1984)**, Glenn Lennox
N° 5	(21-601-MPF84005)	**Analyse préliminaire de la contribution des paiements directs du gouvernement dans le revenu agricole net réalisé (1984)**, Lambert Gauthier
N° 6	(21-601-MPF84006)	**Les caractéristiques des exploitants entrant en agriculture et leurs entreprises au sud de l'Ontario pour la période 1966 à 1976 (1984)**, Jean B. Down
N° 7	(21-601-MPF84007)	**Sommaire des programmes d'aide à la production agricole aux États-Unis (1984)**, Allister Hickson
N° 8	(21-601-MPF84008)	**Intensité de la pratique de la jachère dans les Prairies : Une analyse des données du recensement de 1981 (1984)**, Les Macartney
N° 9	(21-601-MPF85009)	**Évolution de la structure du secteur porcin au Canada (1985)**, Mike Shumsky
N° 10	(21-601-MPF86010)	**Révisions au traitement des loyers de maisons imputés dans les comptes de fermes canadiennes, 1926-1979 (1986)**, Mike Trant
N° 11	(21-601-MPF92011)	**L'estimateur par le quotient : explication intuitive et utilisation pour estimer les variables agricoles (1992)**, François maranda et Stuart Pursey
N° 12	(21-601-MPF91012)	**L'effet de la distortion géographique causée par la règle de l'emplacement (1991)**, Rick Burroughs
N° 13	(21-601-MPF91013)	**La qualité des données agricoles : forces et faiblesses (1991)**, Stuart Pursey
N° 14	(21-601-MPF92014)	**Autres cadres d'examen des données rurales (1992)**, A.M. Fuller, Derek Cook et Dr. John Fitzsimons
N° 15	(21-601-MPF93015)	**Tendances et caractéristiques relatives aux régions rurales et aux petites villes du Canada (1993)**, Brian Bigs, Ray Bollman et Michael McNames
N° 16	(21-601-MPF92016)	**La microdynamique et l'organisation économique de la famille agricole dans le changement structurel en agriculture (1992)**, Phil Ehrensaft et Ray Bollman
N° 17	(21-601-MPF93017)	**Consommation de céréales et de graines oléagineuses par le bétail et la volaille, Canada et provinces, 1992**, Section du bétail et des produits d'origine animale
N° 18	(21-601-MPF94018)	**Changements structurels dans le domaine agricole - Étude comparative des tendances et des modèles observés au Canada et aux États-Unis**, Ray Bollman, Leslie A. Whitener et Fu Lai Tung
N° 19	(21-601-MPF94019)	**Revenu total de la famille agricole selon le type d'exploitation et la taille de celle-ci, et selon la région, en 1990 (1994)**, Saiyed Rizvi, David Culver, Lina Di Piétro et Kim O'Connor
N° 20	(21-601-MPF91020)	**L'adaptation dans le secteur agricole au Canada (1994)**, George McLaughlin
N° 21	(21-601-MPF93021)	**Microdynamique de la croissance et de la décroissance des exploitations agricoles : une comparaison Canada - États-Unis**, Fred Gale et Stuart Pursey
N° 22	(21-601-MPF92022)	**Les structures des gains des ménages agricoles en Amérique du Nord - Positionnement pour la libéralisation des échanges**, Leonard Apedaile, Charles Barnard, Ray Bollman et Blaine Calkins
N° 23	(21-601-MPF92023)	**Secteur de la pomme de terre : comparaison entre le Canada et les États-Unis**, Glenn Zepp, Charles Plummer et Barbara McLaughlin
N° 24	(21-601-MPF94024)	**Étude comparative des données américaines et canadiennes sur la structure des fermes**, Victor J. Oliveira, Leslie A. Whitener et Ray Bollman
N° 25	(21-601-MPF94025)	**Méthodes statistiques de la Sous-section de la commercialisation des grains, document de travail, version 2**, Karen Gray
N° 26	(21-601-MPF94026)	**Rendement des exploitations agricoles : Estimations établies à partir de la base de données complètes sur les exploitations agricoles**, W. Steven Danford
N° 27	(21-601-MPF94027)	**La mesure de l'emploi touristique dans les régions rurales**, Brian Biggs

Série de documents de travail sur l'agriculture et le milieu rural (suite)

(* Disponible à l'adresse http://dissemination.statcan.ca/français/IPS/Data/21-601-MIF.htm**)**

N° 28*	(21-601-MIF95028)	**Délimitation de l'écoumène agricole canadien de 1991**, Timothy J. Werschler
N° 29	(21-601-MPF95029)	**Étude cartographique de la diversité des économies rurales : une typologie préliminaire du Canada rural**, Liz Hawkins
N° 30*	(21-601-MIF96030)	**Structure et tendances de l'emploi rural au Canada et dans les pays de l'OCDE**, Ron Cunningham et Ray D. Bollman
N° 31*	(21-601-MIF96031)	**Une nouvelle approche pour les régions autres que les RMR/AR**, Linda Howatson-Leo et Louise Earl
N° 32	(21-601-MPF96032)	**L'emploi dans l'agriculture et ses industries connexes en région rurale : structure et changement 1981-1991**, Sylvain Cloutier
N° 33*	(21-601-MIF98033)	**Exploiter une ferme d'agrément - pour le plaisir ou le profit?**, Stephen Boyd
N° 34*	(21-601-MIF98034)	**Utilisation de la technologie d'imagerie documentaire dans le recensement canadien de l'agriculture de 1996**, Mel Jones et Ivan Green
N° 35*	(21-601-MIF98035)	**Tendances de l'emploi au sein de la population active non métropolitaine**, Robert Mendelson
N° 36*	(21-601-MIF98036)	**La population des milieux ruraux et des petites villes s'accroît pendant les années 90**, Robert Mendelson et Ray D. Bollman
N° 37*	(21-601-MIF98037)	**La composition des établissements commerciaux dans les petites et les grandes collectivités du Canada**, Robert Mendelson
N° 38*	(21-601-MIF98038)	**Le travail hors ferme des exploitants de fermes de recensement : Aperçu de la structure et profils de mobilité**, Michael Swidinsky, Wayne Howard et Alfons Weersink
N° 39*	(21-601-MIF99039)	**Le capital humain et le développement rural : quels sont les liens?**, Ray D. Bollman
N° 40*	(21-601-MIF99040)	**Utilisation de l'ordinateur et d'Internet par les membres des ménages ruraux**, Margaret Thompson-James
N° 41*	(21-601-MIF99041)	**Les cotisations aux REER des producteurs agricoles canadiens en 1994**, Marco Morin
N° 42*	(21-601-MIF99042)	**Intégration des données administratives et des données d'enquête de recensement**, Michael Trant et Patricia Whitridge
N° 43*	(21-601-MIF01043)	**La dynamique du revenu et de l'emploi dans le Canada rural : le risque de la pauvreté et de l'exclusion**, Esperanza Vera-Toscano, Euan Phimister et Alfons Weersink
N° 44*	(21-601-MIF01044)	**Migration des jeunes ruraux entre 1971 et 1996**, Juno Tremblay
N° 45*	(21-601-MIF01045)	**Évaluation du bien-être économique des Canadiens ruraux au moyen d'indicateurs de revenu**, Carlo Rupnik, Margaret Thompson-James et Ray D. Bollman
N° 46*	(21-601-MIF01046)	**Tendances géographiques du bien-être socioéconomique des collectivitées des Premières nations**, Robin P. Arnstrong
N° 47*	(21-601-MIF01047)	**Répartition et concentration des animaux de ferme au Canada**, Martin S. Beaulieu
N° 48*	(21-601-MIF01048)	**Élevage intensif des animaux de ferme : la taille de l'exploitation a-t-elle son importance?**, Martin S. Beaulieu
N°49*	(21-601-MIF01049)	**La statistique agricole au service du développement rural**, Ray D. Bolllman
N°50*	(21-601-MIF01050)	**Situation relative à l'emploi dans les régions rurales et les petites villes : Structure par industrie**, Roland Beshiri et Ray D. Bolllman
N°51*	(21-601-MIF01051)	**Le temps passé au travail : Comment les agriculteurs jonglent avec leur temps et incidences sur le revenu familial total**, Sylvain Cloutier
N°52*	(21-601-MIF01052)	**Le profil des producteurs de maïs-grain et de soya génétiquement modifiés au Québec et en Ontario**, Bernard Hategekimana
N°53*	(21-601-MIF01053)	**Intégration des marchés des bovins du Canada et des États-Unis**, Rita Athwal